

LIETUVOS MOKSLO TARYBA

**Nacionalinės mokslo programos
„Ateities energetika“
2011 metų ataskaita**

Vilnius, 2012

DUOMENYS APIE 2011 METAIS VYKDYTUS PROJEKTUS

Eil. Nr.	Kvietimo Nr.	Konkurse dalyvavusių projektų skaičius	Projektų skaičius			Projektams skirta lėšų, Lt
			Vykdytų	Baigtų	Tęsimų	
1.	I	27	10	10	0	3 207 000
2.	II	7	1	0	1	246 000

SANTRAUKA

Nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ (toliau – Programa), patvirtintos Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministro 2010 m. birželio 19 d. įsakymu Nr. V-950, tikslas yra išspręsti aktualiausias mokslines Lietuvos energetinio saugumo, energijos vartojimo efektyvumo didinimo ir ateities energijos gamybos bei tiekimo technologijų tobulinimo ir optimalaus taikymo Lietuvos energetikoje problemas.

Vykdamą Programą sprendžiami du uždaviniai: 1) Lietuvos energetinio saugumo bei plėtros modelių kūrimas ir tyrimas, 2) ateities energijos gamybos, tiekimo ir efektyvaus vartojimo mokslinės bazės kūrimas.

Sprendžiant pirmąjį uždavinį numatoma įgyvendinti šias priemones:

- 1.1. Lietuvos energetinio saugumo analizės modelio sukūrimas ir tyrimas;
- 1.2. Lietuvos energijos gamybos ir tiekimo sistemų patikimumo ir rizikos įvertinimas;
- 1.3. Ateities technologijų optimalaus integravimo į Lietuvos energetikos sektorių ir Lietuvos sumaniųjų energetinių tinklų modelių kūrimas ir sprendinių analizė.

Sprendžiant antrąjį uždavinį numatoma įgyvendinti šias priemones:

- 2.1. Ateities energijos gamybai Lietuvoje reikalingų medžiagų ir technologijų kūrimas;
- 2.2. Energiją tausojančių, kaupiančių ir konvertuojančių medžiagų bei technologijų kūrimas;
- 2.3. Šilumos ir šviesos vartojimo pastatuose efektyvumą didinančių sistemų kūrimas ir optimizavimas.

2010 m. Programos Vykdyto grupė parengė detalųjį Programos planą ir paskelbė pirmąjį kvietimą teikti paraiškas. Pirmajam kvietimui buvo pateiktos 27 projektų paraiškos, 10 projektų pripažinti finansuotiniais. Pažymėtina, kad mokslininkų aktyvumas teikiant paraiškas nebuvo didelis, palyginti su aktyvumu teikiant paraiškas mokslininkų grupių projektams. Palyginti nedidelį pateiktų paraiškų skaičių, tikriausiai, galima paaiškinti ir Lietuvos mokslininkų prieraišumu prie savo tradiciškai vykdomų tyrimų ir negebėjimu panaudoti turimą mokslinę patirtį naujiems, aktualiems ir finansuojamiems uždaviniams spręsti.

Projektų vykdymo 2010 m. rezultatai ir planai antriesiems vykdymo metams buvo aprašyti metinėse projektų ataskaitose ir 2011 m. kovo 18 d. aptarti ataskaitinėje mokslinėje

konferencijoje, kurioje buvo pateikti pranešimai apie visus vykdomus projektus. Visų šių projektų baigiamosios ataskaitos buvo pateiktos 2011 m. ir yra įvertintos teigiamai.

2011 m. buvo paskelbtas antrasis, papildomas, kvietimas teikti paraiškas tik pagal dviejų programos priemonių tematikas. Buvo parinktos tos priemonės, kurių tematika nebuvo vykdomas nei vienas projektas. Finansuotinu pripažintas tik vienas projektas.

Pagal pirmo uždavinio tematiką sėkmingai įvykdyti du projektai. Trečiasis projektas yra patvirtintas po antrojo kvietimo ir dar tebesitęsia. Pirmąjį uždavinį sprendžiančių projektų rezultatai dera ir papildo vieni kitus, kaip ir numatyta Programoje.

Antrasis uždavinys sukėlė didelį medžiagotyros problemas nagrinėjančių mokslininkų susidomėjimą. Keturi projektai sprendė problemas, susijusias su vandenilinių kuro elementų kūrimu, du projektai tyrė medžiagas fotovoltiniams elementams. Tačiau dalis antrojo uždavinio projektų taip ir neišsiveržė iš medžiagotyros problemų rato ir jų rezultatai turi tik netiesiogines sąsajas su ateities energetikos problemų sprendimu.

Per pirmuosius du Programos vykdymo metus gauta reikšmingų mokslinių rezultatų. Panagrinėjus mokslinę baigtų vykdyti projektų produkciją matosi, kad pagal Programos įgyvendinimo pagrindinius vertinimo kriterijus programa vykdoma gan sėkmingai. Tikrąjį mokslinių straipsnių skaičių ir jų tarptautinį matomumą galima bus įvertinti, kai bus paskelbti straipsniai, šiuo metu dar tik pateikti ar rengiami spaudai. Vykdam projektus, yra pasiekta daug naujų ir vertingų technologinio pobūdžio rezultatų, tačiau projektų vykdytojai jų nesuformuluoja, nepateikia ir neįvardina kaip naujų technologijų.

ABSTRACT OF THE ANNUAL REPORT FOR THE YEAR 2010 – 2011

The Program “Future Energy” is aimed at solving the most important scientific problems of Lithuania’s energy security, increase of energy efficiency, and improvement of the future energy generation and supply technologies and their optimal integration in the energy sector in Lithuania.

The Program has the following two major tasks: i) development and study of models for energy security and evolution of the energy sector in Lithuania and ii) development of the scientific basis for future energy production, supply, and energy efficiency.

The first task is being pursued by implementing the following measures:

- 1.4. Development and study of the model for analysis of Lithuania’s energy security;
- 1.5. Assessment of the reliability and risks of energy production and supply systems in Lithuania; and

1.6. Development of models for the optimal integration of future technologies in the Lithuania's energy sector, formulation of models for smart grids in Lithuania, and analysis of solutions obtained by implementing these models.

The second task is being pursued by implementing the following measures:

2.4. Development of the materials and technologies for future energy production in Lithuania;

2.5. Development of energy saving, storing, and conversion materials and technologies;

2.6. Development and optimization of systems for improving thermal and lighting performance in buildings.

In 2010, the Executive Group formulated the Detailed Implementation Plan and launched the first call for proposals. In the first call, 27 proposals have been submitted. Financial support was granted for 10 of the projects. It is worth noting that the activity of researchers to submit their applications was quite low in comparison with the activity in the programme for research group projects. The comparatively small number of applications is probably caused by affection of Lithuanian scientists to the problems they use to study and a lack of experience in application of their expertise for solving novel, prospective and financially supported problems.

The results obtained in 2010 and plans for the second year of project implementation have been summarized in the annual reports of the projects and discussed in the progress reporting scientific conference of the Program, where reports on all active projects have been presented. The conference took place on March 18, 2011. The final reports of the projects were submitted in 2011, and all of them were approved.

The second, supplementary call for proposals was announced only for the applications in line with the topics of two measures. The measures were selected to cover the topics with no active projects. Financial support was granted only for one of the applications.

Two projects from the first task are already implemented. The third project was approved in the second call and is being currently implemented. The results obtained in the projects of the first task match together and complement one another, as planned in the Programme.

The second task attracted mostly the attention of materials science researchers. Four projects were focused on fuel cells, two projects studied materials for photovoltaic cells. However, a considerable part of the second task projects did not break outside the usual domain of materials characterization without a clear focus on vital problems of the future energy.

In 2011, the Ministry of Education and Science decided to terminate the activities of the Executive Groups of the National Science Programmes. The main responsibilities of the executive

group of the current Programme accepted the Committee of Natural and Technical Sciences of the Lithuanian Research Council.

During the first two years of the programme implementation, significant scientific results were obtained. The analysis of the projects already implemented shows that the Programme implementation in view of the main evaluation criteria proceeds rather successful. The actual number of scientific papers and their international visibility will become clear only after publication of the papers that are currently submitted or even in the process of preparation. Within the two years, a lot of new and valuable technological results were achieved. However, the participants of the projects do not formulate and describe these results as new technologies.

Turinys

1. Įvadas	7
2. Dėstomoji ataskaitos dalis	11
2.1. Programos vykdymas 2011 metais	11
2.2. Pirmojo uždavinio „Lietuvos energetinio saugumo bei plėtros modelių kūrimas ir tyrimas“ rezultatų analizė	19
2.3. Antrojo uždavinio „Ateities energijos gamybos, tiekimo ir efektyvaus vartojimo mokslinės bazės kūrimas“ rezultatų analizė	30
3. Išvados ir rekomendacijos	46
4. Priedai	48
4.1. 1 priedas Nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ I-ojo ir II-ojo kvietimų projektų sąrašas	48
4.2. 2 priedas Programos mokslinių tyrimų rezultatai 2011 metais	50

1. Įvadas

Nacionalinė mokslo programa „Ateities energetika“ vykdoma siekiant kompleksiškai išnagrinėti Lietuvos energetikos plėtros, naujų technologijų diegimo ir energetinio saugumo mokslines problemas. Programa telkia šioje ir gretimose srityse dirbančius Lietuvos mokslininkus, skatina tolesnius kompleksinius mokslinius energetinio saugumo, energijos vartojimo efektyvumo, ateities energetikos technologijų tobulinimo ir panaudojimo tyrimus, atveria didesnes galimybes Lietuvos mokslininkams dalyvauti tarptautiniuose moksliniuose projektuose. Programos įgyvendinimas turės didelės įtakos alternatyviems energijos šaltiniams ir energiją taupančioms technologijoms diegti, energetiniam saugumui užtikrinti, klimato kaitos poveikiui švelninti ir ekonomikos augimui užtikrinti. Tarp programos „Ateities energetika“ prioritetų yra šios mokslinių tyrimų sritys: žinios energetikos politikos sprendimams priimti, daugiausia dėmesio skiriant energetinio saugumo tyrimams; vandeniliniai kuro elementai; elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių; efektyvus patalpų šildymas ir vėsinimas; elektros energijos vartojimo efektyvumas.

Programos tikslas yra išspręsti aktualiausias mokslines Lietuvos energetinio saugumo, energijos vartojimo efektyvumo didinimo ir ateities energijos gamybos bei tiekimo technologijų tobulinimo ir optimalaus taikymo problemas Lietuvos energetikoje. Šios Programos rezultatai taps moksliniu pagrindu kuriant Lietuvos energetinio saugumo strategiją, organizuojant NATO energetinio saugumo centro Lietuvoje veiklą, sudarant ilgalaikę Lietuvos darnaus ir efektyvaus energijos vartojimo programą, kuriant Lietuvos ateities energetikos, sumaniųjų tinklų ir sumaniųjų miestų koncepcijas. Programa sutelks Lietuvos mokslininkų pajėgas energetikos problemoms spręsti, atvers galimybes sinergiškai integruotis fundamentinių ir taikomųjų mokslų specialistams. Programos įgyvendinimas bus didelis stimulas Lietuvos ir užsienio mokslininkams bendradarbiauti sprendžiant aktualias problemas septintosios ir aštuntosios Bendrųjų programų, kitų programų ir asociacijų energetikos srities veiklose. Programos rezultatais galės naudotis kitos nacionalinės mokslo programos, nacionalinės kompleksinės programos, technologinės platformos, mokslo ir studijų institucijos, ministerijos, agentūros, savivaldybės, įmonės ir kiti mokslo pasiekimais suinteresuoti šalies subjektai.

Vykdamant Programą yra sprendžiami šie du uždaviniai:

1. Lietuvos energetinio saugumo bei plėtros modelių kūrimas ir tyrimas;
2. Ateities energijos gamybos, tiekimo ir efektyvaus vartojimo mokslinės bazės kūrimas.

Sprendžiant pirmąjį Programos uždavinį, numatoma įgyvendinti šias priemones ir išnagrinėti šias tyrimų temas:

1.1. Lietuvos energetinio saugumo analizės modelio sukūrimas ir tyrimas:

1.1.1. Energetinio saugumo analizės ir integruoto energetinio saugumo lygio vertinimo metodologijų sukūrimas, Lietuvos energetikos sistemos technologinių, ekonominių bei sociopolitinių grėsmių tikimybinio modelio sukūrimas ir tyrimas;

1.1.2. Energetikos sistemų pasipriešinimo grėsmėms ir įvairių trikdžių vystymosi scenarijų energetikos sistemose modelio sukūrimas, Lietuvos energetikos sistemų tiekimo sutrikimų techninių, ekonominių ir sociopolitinių pasekmių vertinimas, integruoto energetinio saugumo lygio priimtumo kriterijų nustatymas ir energetinio saugumo lygio užtikrinimo priemonių optimizavimas įvertinant ir jų kaštus.

1.2. Lietuvos energijos gamybos ir tiekimo sistemų patikimumo ir rizikos įvertinimas:

1.2.1. Energetikos sistemų, tinklų bei svarbios energetikos infrastruktūros patikimumo ir rizikos vertinimo metodikų ir patikimumo bei rizikos modelių sukūrimas;

1.2.2. Lietuvos energetikos sistemų patikimumo ir rizikos įvertinimas atsižvelgiant į Lietuvos energetinio saugumo ir įtakos Lietuvos energetiniam saugumui įvertinimas;

1.3. Ateities technologijų optimalaus integravimo į Lietuvos energetikos sektorių ir Lietuvos sumaniųjų energetinių tinklų modelių kūrimas ir sprendinių analizė:

1.3.1. Ateities energetikos technologijų optimaliam integravimui į energetikos sektorių reikšmingų veiksnių (technologinių, ekonominių, teisinių, aplinkosaugos ir kt.) identifikavimas ir technologijų integravimo metodologijos sukūrimas;

1.3.2. Ateities technologijų optimalus integravimas į energetikos sektorių ir sumaniųjų tinklų koncepcijos, optimizuojančios efektyvų atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą, sukūrimas.

Remiantis Programos pirmojo uždavinio sprendimo rezultatais, planuojama sukurti energetinio saugumo analizės ir vertinimo teorinius principus bei saugumo lygio kriterijus, sudaryti energetinio saugumo vertinimo metodiką, įvertinti energijos tiekimo trumpalaikių bei ilgalaikių trikdžių ir avarijų pasekmes, sukurti Lietuvos sumaniųjų tinklų koncepciją. Taip pat planuojama sukurti du – Lietuvos energetinio saugumo ir ateities energetikos technologijų optimalaus integravimo į Lietuvos energetikos sektorių – modeliavimo programinius paketus, kuriais galės naudotis Energetikos ministerija ir energetikos įmonės.

Sprendžiant antrąjį Programos uždavinį, numatoma įgyvendinti šias priemones ir išnagrinėti šias tyrimų temas:

2.1. Ateities energijos gamybai Lietuvoje reikalingų medžiagų ir technologijų kūrimas:

2.1.1. Naujų kristalinių, polikristalinių plonasluoksnių, hibridinių ir organinių medžiagų fotovoltiniams elementams paieška ir apibūdinimas bei jų struktūros ir sandaros parinkimas, siekiant optimizuoti tokių naujų fotovoltinių elementų konversijos efektyvumą ir ilgaamžiškumą;

2.1.2. Vandenilio gavybos, saugojimo ir kuro elementuose naudojamų medžiagų tyrimai, siekiant pasiūlyti naujas funkcines medžiagas, heterostruktūras bei technologinius sprendimus, perspektyvius efektyvesnių vandenilio energetikos technologinių komponentų gaminimui.

2.2. Energiją tausojančių, kaupiančių ir konvertuojančių medžiagų bei technologijų kūrimas:

2.2.1. Degimo ir plazminių procesų tyrimas, optimizavimas bei realizavimas kuro, atliekų ir biomasės deginimo, dujifikavimo bei konversijos sistemose siekiant mažinti įvairių rūšių teršalų emisiją;

2.2.2. Energetiškai efektyvių medžiagų šiluminių, eksploatacinių, ir mechaninių savybių tyrimai bei prognozavimas, šilumos nuostolių mažinimo pastatuose ir jų papildomo apšiltinimo, konvekcinių reiškinių termoizoliacinėse medžiagose, klimato veiksnių įtakos atitvarų paviršinių sluoksnių būklei tyrimai.

2.3. Šilumos ir šviesos vartojimo pastatuose efektyvumą didinančių sistemų kūrimas ir optimizavimas:

2.3.1. Į naujai atsiveriančias apšvietimo rinkos nišas orientuoti inovatyvūs sprendiniai, paremti šviestukinių šviesos šaltinių fizikos supratimu;

2.3.2. Energijos sąnaudų pastatuose mažinimas, ypatingą dėmesį skiriant sisteminiam požiūriui į energijos vartojimo įrangos ir sistemų (šildymo, vėdinimo, vėsinimo, apšvietimo) inovatyvius sprendinius ir matematinių modelių, aprašančių ir leidžiančių optimizuoti tokių pastato sistemų efektyvumą termodinaminių ir ekologinių kriterijų pagrindu, kūrimui.

Sprendžiant antrąjį uždavinį bus sukurtos naujos ir patobulintos esamos energijos gamybos, kaupimo ir efektyvaus vartojimo technologijos ir sistemos, parengtos mokslinės prielaidos energijos vartojimo efektyvumui didinti ir priklausomumui nuo importuojamų iškastinio kuro išteklių mažinti.

Numatyta, kad, vertinant Programos ir jos projektų įgyvendinimo sėkmingumą, reikėtų vadovautis šiais pagrindiniais vertinimo kriterijais:

1. Straipsniai žurnaluose, įtrauktuose į Mokslinės informacijos instituto sąrašą *ISI Web of Science* ir turinčiuose cituojamumo rodiklį. Vertinant publikacijas turi būti atsižvelgiama ne tik į straipsnių skaičių, bet ir į žurnalo tarptautinį prestižą;
2. Išleistų monografijų Programos tematika skaičius ir tarptautinis matomumas;
3. Programoje dalyvaujančių doktorantų ir magistrantų skaičius;

4. Pateiktų patentinių paraiškų skaičius;
5. Sukurtų technologijų skaičius;
6. Atliktų mokslinių taikomųjų darbų vartotojų (ministerijų, įstaigų, žinybų) įvertinimai;
7. Mokslo, verslo ir kitų institucijų užsakymų perduoti žinias, atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus, studijas, ekspertizes ir kitus darbus, pagrįstus Programoje gautais rezultatais, skaičius ir užsakymų finansavimo apimtys;
8. Skaičius atžalinių įmonių, susikūrusių Programos įgyvendinimo metu gautiems rezultatams diegti.

Šioje ataskaitoje apibendrinami moksliniai pasiekimai ir organizacinė patirtis per pirmuosius dvejus Programos vykdymo metus.

2. Dėstomoji ataskaitos dalis

2.1. Programos vykdymas 2011 metais

Antraisiais Programos vykdymo metais įvyko ataskaitinė konferencija, kurioje projektų vykdytojai pristatė pirmųjų projektų vykdymo metų rezultatus, paskelbtas antrasis kvietimas teikti paraiškas, baigti vykdyti pirmojo kvietimo projektai, pateiktos ir įvertintos jų ataskaitos, paskelbtas trečiasis kvietimas teikti paraiškas. Svarbiausias programos vykdymo pakitimas organizaciniu požiūriu buvo tai, kad metų viduryje dėl nevienareikšmiškai apibrėžtų Vykdyto grupės funkcijų šios grupės veikla buvo nutraukta, grupė išformuota, o jos funkcijas perėmė Lietuvos mokslų tarybos Gamtos ir technikos mokslų komitetas. Tai nesutrikdė Programos projektų darbų, laiku buvo paskelbtas antrasis kvietimas. Tačiau sprendimas atsisakyti Vykdyto grupės turėjo keletą organizacinių pasekmių. Nebuvo suorganizuota ataskaitinė projektų vykdytojų konferencija, kurioje būtų atsiskaityta už pirmojo kvietimo projektų vykdymo galutinius rezultatus. Tokia konferencija buvo suorganizuota po pirmųjų projekto vykdymo metų 2012 m. kovo 18 d. Be to, taip ir nebuvo sukurtas Programos tinklalapis bei nukentėjo kiti Programos viešinimo darbai. Jiems ateityje reikėtų skirti daugiau dėmesio, tiek dėl to, kad apie Programą, jos sprendžiamas problemas ir pasiekimus daugiau žinotų plačioji visuomenė, tiek ir dėl to, kad apie ją bei jos specifiką daugiau sužinotų mokslininkai – potencialūs programos vykdytojai. Pastaroji aplinkybė yra labai svarbi Programos uždavinių pilnam įvykdymui, nes išaiškėja tematikų, kurias Lietuvoje gvildena nemažai mokslininkų, bet jų parengti projektai konkursuose nelaimi Programos finansavimo, todėl vykdant Detalų planą atsiranda spragų. Lieka nevykdoma bene svarbiausia funkcija, kuri buvo numatyta Vykdyto grupei – sąveikos tarp Programos projekto vykdytojų skatinimas ir jų telkimas bendram tikslingam darbui. Vykdyto Programą dabartiniu formatu, šias funkcijas atlieka tik Detalusis planas. Programos projektai tampa panašūs į Mokslininkų grupių projektus, tik finansuojamus, jei atitinka tematikas, numatytas Detaliojo plano tiksluose, uždaviniuose ir veiklose.

Pirmasis kvietimas buvo paskelbtas 2010 m. Aptariant kvietimą, Vykdyto grupė kolegialiai priėmė nuostatą, kad, skelbiant kvietimą pirmajam uždaviniui, reikėtų atsižvelgti į mokslinių tyrimų eiliškumą ir pirmajame kvietime kviesti teikti paraiškas tik tomis tyrimų temomis, kurios sudarytų pagrindą pirmojo uždavinio „Lietuvos energetinio saugumo bei plėtros modelių kūrimas ir tyrimas“ tolesniems tyrimams. Tačiau svarstant visų nacionalinių mokslo programų kvietimų suvienodinimo klausimą, Lietuvos mokslo tarybos Gamtos ir technikos mokslų komitete nutarta, kad pirmajame

kvietime netikslinga išskirti uždavinius ar tyrimų kryptis, o juos geriau kryptingai formuluoti antrame kvietime, kai bus žinomi pirmojo kvietimo rezultatai.

Pirmajam nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ kvietimui buvo pateiktos 27 projektų paraiškos, iš jų 24 paraiškos atitiko administracinės patikros reikalavimus, o 3 buvo atmestos. Pagal Lietuvoje esamą mokslinį potencialą Programoje numatytiems uždaviniams spręsti galima buvo tikėtis kur kas daugiau paraiškų. Tikriausiai didelės įtakos turėjo labai trumpi paraiškų pateikimo terminai, kuriuos lėmė užsitęsęs nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“, kaip ir kitų tuo pačiu metu teiktų svarstyti nacionalinių mokslo programų, patvirtinimas.

Pirmojo Programos uždavinio tematika buvo pateikti 8 projektai. Tik du iš jų ekspertų grupė pripažino finansuotiniais. Deja, tarp finansuotinių projektų nepateko nė vienas projektas, numatantis vykdyti tyrimus pagal pirmojo uždavinio priemonę 1.3 „Ateities technologijų optimalaus integravimo į Lietuvos energetikos sektorių ir Lietuvos sumaniųjų energetinių tinklų modelių kūrimas ir sprendinių analizė“, nors ši priemonė yra svarbi tolesniam pirmojo uždavinio vykdymui.

Antrojo Programos uždavinio tematika buvo pateikta 16 projektų. Finansuotiniais pripažinti 8 projektai. Finansuotiniais pripažintų antrojo uždavinio projektų bendras biudžetas buvo didesnis nei numatyta Programoje. Todėl Vykdyto grupė nusprendė, kad pirmojo uždavinio projektų finansavimui nepanaudotos lėšos gali būti panaudotos antrojo uždavinio problemas sprendžiantiems projektams finansuoti, o persikirstytos lėšos turėtų būti „grąžintos“ pirmojo uždavinio priemonėms įgyvendinti skelbiant papildomą kvietimą 2011 m. vykdomiems projektams.

Nors pirmajame kvietime pateiktų paraiškų skaičius yra nepakankamas pagrįstai statistinei analizei, tačiau tam tikras išvadas iš pirmojo kvietimo galima padaryti.

Apibendrinant statistinės analizės požiūriu nedidelį pirmojo kvietimo paraiškų skaičių galima padaryti keletą išvadų. Tik dvi iš aštuonių pirmajam uždaviniui spręsti skirtų paraiškų buvo pripažintos finansuotinomis. Tai galėjo atsitikti arba dėl nedidelio šios mokslo krypties potencialo Lietuvoje, arba dėl netinkamai parengtų paraiškų. Tinkamai parengti paraišką buvo sunku dėl labai trumpo paraiškų teikimui numatyto laiko, ypač tais atvejais, kai darbui projekte reikėjo sutelkti mokslininkus, dirbančius skirtingose grupėse ar net institucijose. Kituose kvietimuose į tai reiktų atkreipti ypatingą dėmesį. Antrajame ir trečiajame kvietimuose į šią patirtį buvo atsižvelgta ir numatytas paraiškų teikimo terminas buvo pakankamas paraiškoms kokybiškai parengti.

Po pirmojo kvietimo paraiškų vertinimo paaiškėjo dar viena problema: pirmajame etape nebuvo patvirtintas nė vienas projektas pirmojo uždavinio priemonės „Ateities technologijų optimalaus integravimo į Lietuvos energetikos sektorių ir Lietuvos sumaniųjų energetinių tinklų

modelių kūrimas ir sprendinių analizė“ tematika. Tokių projektų rezultatai būtų labai reikalingi vykdant kitas pirmojo uždavinio priemones. Ši problema sušvelnėjo, kai antrajame etape vertinimo ekspertų grupė pripažino finansuotinu projektą „Ateities technologijų optimalaus integravimo į energetikos sektorių metodologijos sukūrimas“, ir jis buvo pradėtas vykdyti.

Antrojo uždavinio tematika pateiktus projektus galima suskirstyti į septynias temines grupes. Gausiausia iš jų – fotovoltinių elementų fizika ir technologijos. Šia tema buvo pateiktos 5 paraiškos, 2 iš jų pripažintos finansuotinomis. Finansuotinais pripažinti visi trys projektai kuro elementų tematika. Po vieną sėkmingą projektą pateikta energijos kaupimo, termoizoliacinių medžiagų ir pažangių apšvietimo technologijų tematika. Probleminė situacija susiklostė pastatų energetikos tematika. Šia tematika buvo pateiktos keturios paraiškos. Visos jos buvo pripažintos nefinansuotinomis. Kadangi susidomėjimas šia tematika buvo didelis, nuspręsta jos neatsisakyti ir Detaliojo plano nekeisti. Buvo numatyta panagrinėti paraiškų atmetimo priežastis ir prieš trečiąjį kvietimą geriau informuoti pareiškėjus apie tai, ko trūko jų paraiškose. Kadangi iki trečiojo kvietimo Vykdytojų grupės buvo atsisakyta, paraiškų atmetimo priežasčių niekas nenagrinėjo, tad šis klausimas buvo patiktas savieigai.

Metinė Programos ataskaitinė mokslinė konferencija įvyko 2011 m. kovo 18 d., sulaukus ekspertinio projektų metinių ataskaitų vertinimo rezultatų. Konferencijoje buvo perskaityti devyni pranešimai apie iki konferencijos teigiamai įvertintų projektų pagrindines mokslines idėjas ir tikslus, 2010 m. mokslinius rezultatus bei tyrimų planus 2011 metams. Konferencijoje dalyvavo 54 dalyviai: po keletą visų projektų vykdytojų, kai kurie antrojo kvietimo projektų pareiškėjai ir kiti Programa besidomintys mokslininkai, Vykdytojų grupės nariai, LMT administracijos atstovai. Konferencija suteikė dalyviams galimybę įvertinti pirmojo kvietimo projektų problematiką, mokslinius tikslus ir pirmuosius rezultatus, padiskutuoti ir paieškoti bendrų mokslinių interesų Programos projektų vykdytojams ir kitiems energetikos srityje dirbantiems tyrėjams. Aptardama pirmosios ataskaitinės konferencijos rezultatus Vykdytojų grupė konstatavo, kad tokia Programos konferencija yra naudinga, jos formatas priimtinas, analogiškas konferencijas verta organizuoti kasmet.

Prieš ataskaitinę konferenciją vyko Vykdytojų grupės susitikimas su projektų vadovais. Susitikime dalyvavo visų projektų vadovai arba jų atstovai. Buvo aptarti šie klausimai:

1. Programos vykdymo pobūdis. Grįžtamasis ryšys tarp projekto vykdytojų ir Vykdytojų grupės.
2. Metinės ataskaitos. Jų pateikimo specifiška.

3. Informacija apie numatomą metinę programos konferenciją. Projektų vadovų pasiūlymai dėl jos pobūdžio ir organizavimo formų.

4. Projektų pristatymas internetinėje svetainėje.

5. Publikacijos ir padėkos jose.

6. Projektų vadovų pasiūlymai dėl programos vykdymo koregavimo.

Pasibaigus 2011 m. nei ataskaitinės konferencijos, nei susitikimo su projektų vadovais nebuvo organizuota. Dėl to ryšiai tarp LMT ir projektų vykdytojų bei tarp mokslininkų, vykdančių skirtingus projektus labai susilpnėjo.

Visų 2010 m. vykdytų projektų ataskaitos buvo pateiktos laiku. Ataskaitas vertinusi ekspertų grupė projektų Nr. ATE-10009, Nr. ATE-10010, Nr. ATE-10019; Nr. ATE-10020; Nr. ATE-10021; Nr. ATE-10022; Nr. ATE-10023 ir Nr. ATE-10024 metines ataskaitas įvertino teigimai.

Projekto „Superjoninių keramikų su greitąja deguonies vakansijų pernaša gamyba, tyrimas ir taikymas kuro elementuose“ (Reg. Nr. ATE-10005) metinėje ataskaitoje buvo įtraukti rezultatai iš straipsnių, įteiktų redakcijoms dar prieš projekto pradžią, todėl vertinimo ekspertų grupė siūlė šio projekto nefinansuoti. Vykdytojų grupė nutarė pritarti ekspertų išvadai, kad ataskaita parengta netinkamai, tačiau vienbalsiai rekomendavo tęsti finansavimą, kadangi projekte numatyti tyrimai atliekami sėkmingai ir produktyviai. Pirmaisiais metais įsigyta daug projekto vykdymui naudingos aparatūros ir labai tikėtina, kad projekto vykdytojai antraisiais projekto vykdymo metais gali pasiekti aukšto lygio mokslinių rezultatų. Apsvarstęs vertinimo ir Vykdytojų grupių nuomones bei projekto vadovo paaiškinimus, GTM komitetas nusprendė šio projekto finansavimą tęsti.

Tolesnį finansavimą projektui „Vandenilio gavyba iš vandens garų plazmos molekulinės implantacijos būdu“ (Reg. Nr. ATE-10008) vertinimo ekspertų grupė siūlė nutraukti, nes šio projekto vykdymo 2010 m. rezultatai menki (pagrindinis rezultatas – projekto vykdytojo magistranto straipsnis konferencijos darbuose). Tai kėlė abejonių dėl sėkmingo šio projekto įgyvendinimo. Svarstant ataskaitą Vykdytojų grupėje minimalia balsų persvara buvo nutarta ekspertų grupės išvadai pritarti. Po tolesnių svarstymų GTM komitetas nusprendė finansavimą šiam projektui tęsti.

Taigi, šių projektų ataskaitos ir jų ekspertinio vertinimo išvados buvo detalios aptartos Vykdytojų grupėje ir LMT Gamtos ir technikos mokslų komitete, kur buvo išklaustas ir projekto Nr. ATE-10008 vadovo prof. L. Pranevičiaus žodinis pasiaiškinimas. Buvo priimtas sprendimas abu šiuos projektus tęsti. Jų vadovai įspėti. Klaidos, padarytos vykdant šiuos projektus ir rašant jų metines ataskaitas, aptartos metinėje Programos konferencijoje.

Svarstant projektų ataskaitų vertinimo ekspertų grupių išvadas, paaiškėjo nacionalinių mokslo programų Vykdytojų grupių funkcijų neapibrėžtumas. Viena vertus, dalis Vykdytojų grupės narių yra projektų vykdytojai ar net vadovai, todėl jiems nederėtų kviesionuoti vertinimo grupės išvadų. Tačiau tokiu atveju Vykdytojų grupė praranda bet kokį poveikį programos projektų vykdymui, atsiskaitomosios prasmės netenka ataskaitinės konferencijos, o Vykdytojų grupės reali įtaka pasireiškia tik teise keisti Detalų planą. Norint šių problemų išvengti, Vykdytojų grupėje buvo svarstomi siūlymai dėl Nacionalinių mokslo programų aprašo pakeitimų, nes su tomis pačiomis problemomis susiduria visos nacionalinės mokslo programos. Švietimo ir mokslo ministerijos sprendimu, visų nacionalinių mokslo programų Vykdytojų grupės buvo panaikintos, o jų pagrindinės funkcijos perduotos LMT komitetams.

Rengiant Programą buvo numatyta, kad jos lėšomis būtų galima paremti Lietuvos mokslo ir studijų institucijų įsijungimą į tarptautinius mokslinius profesinius tinklus. Antraisiais projekto vykdymo metais buvo svarstytas tik vienas pasiūlymas dėl tokio įsijungimo. Lietuvos energetikos institutas pareiškė ketinimą stoti į tarptautinį Energetikos infrastruktūros saugumo tinklą (*Energy Infrastructure Security Network, EISN*, <http://www.sis.se/pdf/energy.pdf>) ir prašė Programos vykdymo metu iš Programos lėšų padengti 2000 EUR metinį mokestį. Šis tinklas buvo įkurtas 2006 m., Europos komisijos Energetikos generalinio direktorato (*EC-DG Energy*) iniciatyva. Pagrindinis tinklo tikslas yra aktyvinti ES šalių energetikos infrastruktūros saugos tyrimus, gerinti šalių pasikeitimą infrastruktūros saugumo vertinimo reikalavimais, metodikomis, direktyvomis ir pasidalinti gerąja praktika užtikrinant energetikos infrastruktūros saugumą. Tinklo nariai yra tiek valstybinės, tiek privačios kompanijos, kurių veikla susijusi su energetikos infrastruktūros saugos užtikrinimo uždaviniais. Tarp tinklo narių yra *EC-DG Energy*, Švedijos standartizacijos institutas, Suomijos nacionalinė avarijų valdymo agentūra, Čekijos gyventojų apsaugos institutas, Švedijos energetikos agentūra, kompanija *E.ON* (Vokietija) ir kitų šalių institucijos, atsakingos už infrastruktūros saugą. Šio tinklo veikla atitinka Programos tikslus, ypač pirmojo uždavinio, kurio projektai tiesiogiai susiję su energetikos objektų patikimumu ir sauga. Pareiškėjai nurodė, kad dalyvaujant tinkle galima gauti energetikos infrastruktūros saugumo vertinimo ir mokslinių tyrimų metodikas, naudojamas skirtingose ES šalyse, keistis atliktomis patikimumo ir saugumo studijomis apie atskirus energetikos objektus, kartu su tinklo nariais dalyvauti tarptautiniuose projektuose, rengti bendrus mokslinius straipsnius. Ši informacija ir galimybės būtų naudingos įvairioms Lietuvos institucijoms (LEI, VDU, KTU, VGTU, VU, KU, Visagino atominė elektrinė, Lietuvos energijai, Energetikos ministerijai, Krizių valdymo centrui ir kitoms). Nors tinklas nėra tiesiogiai skirtas mokslinių tyrimų plėtrai, tačiau mokslininkams, dirbantiems energetikos objektų

patikimumo, saugumo ir rizikos vertinimo srityse, būtina turėti informaciją apie įvairius energetikos objektus, saugos užtikrinimo reikalavimus bei susipažinti su atliktomis saugos ir rizikos vertinimo studijomis. Šis tinklas yra geras tokios informacijos šaltinis. LMT finansavo ATE programos Vykdyto grupės vieno nario (J. Augučio) kelionę į tinklo narių susitikimą. Daugiausia susitikimo laiko buvo skirta klausimams suskystintų dujų terminalų (SDT) saugai užtikrinti. Buvo plačiai išnagrinėti Anglijos SDT, esančio *Grain* saloje, netoli Londono, saugos reikalavimai, saugumo užtikrinimo ir rizikos analizės ataskaitos bei kiti klausimai, susiję su SDT sauga. Kadangi Lietuvoje pradedamas projektuoti SDT Klaipėdoje, tai ši informacija yra naudinga Lietuvai. ATE Vykdyto grupė 2011-05-26 posėdyje iš klausė J. Augučio ataskaitą, apsvarstė įsijungimo į tinklą klausimą ir priėjo išvadą, kad tikslinga prisijungti prie šio tinklo veiklos. Patogiausia tai būtų padaryti per vieną organizaciją – geriausiai per LEI, nes per jį būtų mokami tinklo nario metiniai mokesčiai (du tūkstančiai EUR). Yra didelė tikimybė, kad pasibaigus programos laikui institutas galės pats toliau mokėti nario mokesčių. Gamtos ir technikos mokslų komitetas stojimui į šį tinklą nepritarė.

Apibendrinus dviejų Programos vykdymo metų patirtį šiame veiklos bare galima teigti, kad ateityje būtų tikslinga: 1) plačiau ir aiškiau viešinti informaciją apie įsijungimo į tinklus galimybę, 2) nustatyti kam ir kokia forma teikti siūlymus dėl stojimo į tinklus, numatyti, kas turi išnagrinėti stojimo į tinklus tikslingumą, ir nustatyti trukmę, per kurią nuo siūlymo pateikimo GTM komitetas turi priimti sprendimą dėl stojimo į tinklus.

Telkiant Lietuvos mokslininkų pajėgas tyrimams kai kuriose ateities energetikos mokslo kryptyse, atsiranda galimybė dalyvauti stambiose europinėse programose ir infrastruktūrose. Šiuo tikslu Vykdyto grupės pirmininkas prof. Gintautas Tamulaitis dalyvavo 2010 m. lapkričio 29 – 30 d. Briuselyje vykusioje konferencijoje ENERI 2010, *Infrastructures for Energy Research*, kurioje buvo susirinkę 250 mokslininkų, mokslą organizuojančių ir finansuojančių institucijų darbuotojų ir verslo atstovų. Susitikime buvo pateikta informacijos apie šiuo metu energetikos srityje kuriamas ESFRI tyrimų infrastruktūras: *ECCEL – European Carbon dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure* (Lietuvos mokslininkų įdirbis šioje srityje mažas; dalyvauti, vargu, ar būtų tikslinga); *WINDSCANNE – Research Infrastructure Center for Wind Energy and Turbulence Research* (Lietuvos mokslininkų įdirbis šioje srityje mažas; dalyvauti, vargu, ar būtų tikslinga, tačiau šiame tinkle gauti moksliniai rezultatai gali būti naudingi plėtojant Lietuvoje vėjo energetiką); *PRASE – Partnership for Advanced Computing in Europe* (Lietuvoje kuriama tyrimų infrastruktūra, apimanti *grid* tinkluose ir su numatomais pirkti superkompiuteriais dirbančius (dirbsiančius) mokslininkus; galima būtų šioje infrastruktūroje dalyvauti (metinis mokestis būtų apie 30 000 EUR)); *EU-Solaris – Solar Facilities for the European Research Area* (šios infrastruktūros tikslas – kurti šiluminės Saulės

elektrines. Lietuvos mokslininkų įdirbis šioje srityje mažas; dalyvauti, vargu, ar būtų tikslinga); *MYRRHA and the Sustainable Nuclear Fission (Gen. IV)*. (galima pasvarstyti dėl Lietuvos mokslininkų dalyvavimo tikslingumo); *HiPER – (European High Power Laser Energy Research Facility)*. (VU Lazerių centro mokslininkai dalyvavo *Laserlab* tinkle, iš kurio išsiplėtojo *HiPER*; gal tikslinga jiems dalyvauti ir šioje infrastruktūroje?).

2011 m. Vykdyto grupė keliskart svarstė, kokią informaciją ir kaip vertėtų pateikti nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ internetiniame tinklalapyje. Buvo nutarta, kad Programos internetinėje svetainėje turėtų būti tokia informacija: 1) informacija apie programą, svarbiausi šią programą reglamentuojantys dokumentai, 2) dažniausiai užduodami klausimai, 3) vykdomų projektų pristatymai (tikslai, uždaviniai, kontekstas, reikšmė, vaizdinė medžiaga ir pan.), 4) ateities energetikos tematika dirbantiems mokslininkams naudingos nuorodos į apžvalginius ir direktyvinius dokumentus, 5) programai „Ateities energetika“ artimų tarptautinių konferencijų sąrašas. Nuorodos turėtų būti su trumpais jų paskirties ir turinio aprašais. Nutraukus Vykdyto grupės darbą, šiuo metu nėra kam rūpintis šios internetinės svetainės kūrimu.

2010 m. lapkričio mėnesį Vykdyto grupė parengė antrąjį, papildomą, nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ kvietimą. Dėl palyginti nedidelės šio kvietimo projektų finansavimo apimties, kurios, kaip buvo planuojama, turėjo pakakti tik 2 – 3 projektams finansuoti, buvo nutarta kviesti teikti tik dviejų tematikų paraiškas, kuriose pirmajame kvietime nebuvo finansuojamų projektų: pirmojo uždavinio tema 1.3.1. „Ateities energetikos technologijų optimaliam integravimui į energetikos sektorių reikšmingų veiksnių (technologinių, ekonominių, teisinių, aplinkosaugos ir kt.) identifikavimas ir technologijų integravimo metodologijos sukūrimas“ ir antrojo uždavinio tema 2.2.2. „Energetiškai efektyvių medžiagų šiluminių, eksploatacinių ir mechaninių savybių tyrimai bei prognozavimas, šilumos nuostolių mažinimo pastatuose ir jų papildomo apšiltinimo, konvekcinių reiškinių termoizoliacinėse medžiagose, klimato veiksnių įtakos atitvarų paviršinių sluoksnių būklei tyrimai“.

Pagal šį kvietimą buvo pateiktos 7 paraiškos, 3 – pagal pirmąjį uždavinį, 4 – pagal antrąjį. Atlikus administracinę patikrą, viena paraiška buvo pripažinta netinkama. Finansuotinu pripažintas tik vienas projektas – „Ateities technologijų optimalaus integravimo į energetikos sektorių metodologijos sukūrimas“ (Reg. Nr. ATE-11004). Šio projekto tematika atitiko pirmojo uždavinio priemonę 1.3, kuri pagal tyrimų eiliškumą yra svarbi viso pirmojo uždavinio sėkmingam sprendimui. Tai užpildė po pirmojo kvietimo likusią teminę spragą pirmajame uždavinyje.

Deja, nė viena antrojo uždavinio paraiška nebuvo pripažinta tinkama finansuoti. Todėl ir po šio, papildomo, kvietimo neatsirado nė vieno projekto, vykdomo tema 2.2.2 „Energijos sąnaudų pastatuose mažinimas, ypatingą dėmesį skiriant sisteminiam požiūriui į energijos vartojimo įrangos ir sistemų (šildymo, vėdinimo, vėsinimo, apšvietimo) inovatyvius sprendinius ir matematinių modelių, aprašančių ir leidžiančių optimizuoti tokių pastato sistemų efektyvumą termodinaminių ir ekologinių kriterijų pagrindu, kūrimui.“, nors šiame kvietime buvo trys paraiškos šia tematika.

Tvirtinant finansavimą vieninteliam finansuotinu pripažintam projektui, kilo diskusijų dėl finansavimo apimties. Projektų vertinimo ekspertų grupė siūlė sąmatą sumažinti dvigubai, atitinkamai mažinant vykdytojų skaičių. Tačiau Vykdytojų grupė siūlė atsižvelgti į specifinius šio projekto ypatumus:

1) šiame projekte keliami tikslai labai gerai dera su NMP „Ateities energetika“ pirmajam uždaviniui numatytais moksliniais tyrimais. Mažinant finansavimą 50% tektų atsisakyti kai kurių projekte numatytų svarbių tyrimų, o tai būtų nenaudinga Programos įgyvendinimui;

2) projekto vykdymui neatsitiktinai suburta didelė ekspertų grupė, nes būtina aprėpti daugybę klausimų: analizuoti esamų ir naujų energetikos technologijų raidos tendencijas; identifikuoti šių technologijų integravimui didelę įtaką turinčius technologinius, ekonominius, aplinkosauginius, teisinius, energetinio saugumo ir kitus veiksnius; parengti būtiną informacinių duomenų sistemą ateities technologijų integravimui į energetikos sektorių įvertinti; parengti metodologiją energetikos technologijoms į energetikos sektorių optimaliai integruoti, sukurti matematinius modelius, aprėpiančius šalies energetikos sektoriui reikšmingus ir regioninius ypatumus, atspindinčius matematinius modelius šių technologijų optimaliam integravimui į energetikos sektorių pagrįsti;

3) projekto vykdytojų komanda parinkta taip, kad aprėptų visus pagrindinius ateities energetikos aspektus, todėl mažinant vykdytojų skaičių, neišvengiamai tektų mažinti ir numatytų darbų apimtį, atsisakant dalies planuojamų išspręsti darbų imlių uždavinių. Reikia atskiras, siauras ir specifines sritis išmanančių specialistų. Tų specialistų darbo apimtys nedidelės, bet jų darbo reikia, norint sėkmingai vykdyti projektą. Atsisakius šių specialistų darbo, projekto kokybė gali smarkiai nukentėti;

4) projekto sąmatą reikėtų mažinti pagal kitas veiklas, t. y. mažinti tas planuojamas išlaidas, kurios turėtų mažiausiai įtakos projekte suformuluotų tikslų įgyvendinimui. Pavyzdžiui, galima dvigubai mažinti numatytas išlaidas rezultatų viešinimui tarptautinėse konferencijose ir numatytoms paslaugoms, galima mažinti ir kai kurių vykdytojų darbo užmokestį.

Programos Vykdyto grupė, atsižvelgusi į išdėstytus argumentus, siūlė projekto sąmatą mažinti iki 25% nuo pateiktos projektui sąmatos. GMT komitetas šiam pasiūlymui pritarė.

2.2. Pirmojo uždavinio „Lietuvos energetinio saugumo bei plėtros modelių kūrimas ir tyrimas“ rezultatų analizė

Pagal nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ pirmąjį uždavinį „Lietuvos energetinio saugumo bei plėtros modelių kūrimas ir tyrimas“ buvo vykdomi trys projektai: „Energetinio saugumo analizės ir integruoto saugumo lygio vertinimo metodikos sukūrimas ir tyrimas“ (VDU, LEI, vadovas prof. habil. dr. Juozas Augutis), „Energetikos sistemų patikimumo ir jo įtakos energetiniam saugumui vertinimo metodika bei tyrimas“ (LEI, vadovas dr. Sigitas Rimkevičius) ir „Ateities technologijų optimalaus integravimo į energetikos sektorių metodologijos sukūrimas“ (LEI, vadovas dr. Arvydas Galinis). Pastarasis projektas buvo pradėtas vykdyti 2011 m. liepos mėnesį, todėl pateikta tik metinė ataskaita.

Nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ projektas Nr. ATE-22/2010 **„Energetinio saugumo analizės ir integruoto saugumo lygio vertinimo metodikos sukūrimas ir tyrimas“** (VDU, LEI, vadovas prof. habil. dr. Juozas Augutis) siekė dviejų pagrindinių tikslų:

- sukurti išsamią energetinio saugumo analizės metodiką, apimančią energetinės sistemos grėsmių ir trikdžių tyrimą, energetinės sistemos reakcijos į trikdžius modeliavimo metodus, energetinės sistemos trikdžių pasekmių vertinimą, bei pritaikyti šią metodiką Lietuvos energetinei sistemai;
 - sukurti energetinio saugumo lygio vertinimo (matavimo) sistemą, kuri leistų gauti vieną integralinę charakteristiką, įvertinančią tiek visos energetinės sistemos saugumo lygį, tiek atskirų energetikos projektų įtaką bendram energetiniam saugumui.
- Projekto tikslų įgyvendinimui buvo suformuluoti ir išspręsti tokie uždaviniai:
 - Energetikos sistemų trikdžių analizė ir matematiniai modeliai.
 - Trikdžių vystymosi scenarijų modeliavimo energetinėse sistemose metodikos sukūrimas ir tyrimas.
 - Energetinės sistemos trikdžių sukeltų techninių, ekonominių ir sociopolitinių pasekmių analizės metodų sukūrimas.
 - Energetinio saugumo lygio vertinimo indikatorių sistemos sukūrimas.
 - Energetinio saugumo integralinės charakteristikos vertinimo metodikos sukūrimas.

Šio darbo užduotis buvo tik energetinio saugumo vertinimo metodikos sukūrimas. Lietuvos energetinio saugumo įvertinimas pagal šią metodiką yra sekančio NMP „Ateities energetika“ etapo uždavinys.

Šis projektas buvo tarpdisciplininis darbas, apimantis energetinių sistemų modeliavimą, techninių, ekonominių, gamtinių, sociopolitinių ir kitų grėsmių bei jų pasekmių analizę, integralinio energetinio saugumo lygio vertinimą. Dėl šios priežasties projektą vykdė įvairių sričių (energetikos, matematikos, ekonomikos, politologijos, sociologijos) tyrėjai.

Šio darbo naujumą ir originalumą lemia sukurtų metodų tarpdisciplininė integracija, kai į energetinės sistemos trikdžių priežasčių ir pasekmių vertinimą įtraukiama ne tik sistemos techninė ir ekonominė informacija, bet ir sociopolitinis grėsmių vertinimas bei sociologinė pasekmių analizė. Tokia integralinė energetinio saugumo analizės metodika yra sukurta pirmą kartą ir iš esmės neturi analogų, nors, kaip rodo 7BP programos ir kiti tarptautiniai projektai, tokia metodika yra aktuali ir aktyviai siekiama ją sukurti. Šiame darbe yra sukurtos metodikos ir modeliai visapusiškam energetinio saugumo modeliavimui ir vertinimui. Metodikos ir modeliai patikrinti su konkrečiais Lietuvos energetinės sistemos trikdžių pavyzdžiais.

Pirmoji šio darbo dalis buvo skirta Lietuvos energetinės sistemos grėsmėms analizuoti. Grėsmė yra laikoma reali galimybė sukelti žalą saugumo objektui (ar sektoriui) arba sumažinti bendrą saugumo lygį. Grėsmės sukėlėjai gali būti konkretūs subjektai (pavyzdžiui, konkrečios naftos ar dujų bendrovės), kurie savo veiksmais, sprendimais ar neveikimu gali keisti situaciją ir taip sukelti žalą saugumo objektui. Kartu su energetinės sistemos grėsmės sąvoka, vartojama ir pažeidumo sąvoka. Pažeidumas – tai konkreti saugumo objektų savybė ar aplinkos sąlyga, dėl kurios galima reali žala. Pavyzdžiui, energijos šaltinių alternatyvų nebuvimas gali būti laikomas ekonominio saugumo grėsmė, kol nėra tikslingų energetinių išteklių tiekėjų ketinimų ar pastangų tuo pasinaudoti ir sukelti pažeidimą. Techninis elektros energijos infrastruktūros nusidėvėjimas taip pat gali tapti pažeidumu, kai įvyksta konkreti avarija, pavyzdžiui, uraganas, aptarnaujančio personalo klaidos ir panašiai. Šaltinio, galinčio sukelti žalą saugumo objektui, egzistavimas yra požymis, skiriantis saugumo grėsmę nuo pažeidumo. Darbe nustatyta, kad Lietuvos energetinis saugumas priklauso nuo tokių energetikos sektoriaus pažeidimų (galinčių sukelti konkrečią žalą):

1. Priklausomybė nuo vieno energijos išteklių tiekėjo (vienos įmonės ar kelių įmonių iš tos pačios valstybės) arba maršruto. Dujų sektoriuje vienintelis gamtinių dujų tiekėjas yra „Gazprom“. Be to, didžioji dalis gamtinių dujų į Lietuvą tiekama vieninteliu „Gazprom“ kontroliuojamu dujotiekiu Minskas–Vilnius–Kaliningradas. Lietuvoje nėra gamtinių dujų saugyklų, t. y. galimybių savarankiškai kaupti dujų ilgesniam laikui ir panaudoti jas dujų tiekimo sutrikimo atveju. Nėra ir

suskystintų dujų (SGD) atsigabenimo, paskirstymo ir regazifikavimo infrastruktūros. Elektros energijos srityje Lietuva priklauso nuo vienintelio elektros energijos sistemų tinklo, į kurį įeina Baltarusijos, Latvijos, Estijos, Karelijos, Kolos, Leningrado ir Kaliningrado sričių elektros energijos tinklai (nėra jungčių su Šiaurės ar Vakarų Europos tinklais). Naftos srityje beveik visa Mažeikių NPG perdirbama nafta yra importuojama iš Rusijos.

2. Priklausomybė nuo vienos (ar vos kelių) rūšies (rūšių) importuojamos energijos išteklių (gamtinių dujų ir naftos). Lietuvos pirminės energijos vartojimo balanse gamtinės dujos 2007 m. sudarė 30,9%, keletą metų dėl ekonominės krizės jų dalis mažėjo (2008 m. – 27,9%, 2009 m. – 25,6%) tačiau nuo 2010 m. (uždarius IAE) ėmė didėti. Alternatyvių išteklių plėtra stringa dėl didelių jų gamybos ir energijos perdavimo kaštų, vartotojų abejingumo, valstybinės paramos trūkumo ir kt. Atominės energetikos plėtrą stabdo dideli naujos AE kaštai, naftos ir anglies vartojimą – griežtėjantys aplinkosauginiai reikalavimai.

3. Ūkio priklausomybė nuo energijos išteklių (per didelio energijos vartojimo intensyvumo) bei pajamų, gaunamų iš energetikos ir su juo susijusių sektorių. Naftos perdirbimas ir naftos produktų eksportas išlieka svarbus visam Lietuvos ūkiui (veikla, susijusi su Mažeikių NPG ir ją aptarnaujančiomis įmonėmis, generuoja apie 7 proc. šalies biudžeto pajamų). Kita vertus, Mažeikių NPG priklauso ne Lietuvos Vyriausybei ar Lietuvos bendrovėms. Dėl to Lietuvos Vyriausybės galimybės daryti įtaką minėto sektoriaus sėkmingam funkcionavimui (pavyzdžiui, žaliavos importo diversifikavimui) yra labai ribotos.

4. Vertikali energetikos sektoriaus integracija (kai energijos išteklius importuojančias ir juos paskirstančias bendroves kontroliuoja vienas monopolininkas). Dujų sektoriuje „Gazprom“ yra vienas didžiausių dujų paskirstymo operatoriaus „Lietuvos dujos“ akcininkų. Elektros energijos sektoriuje monopolininko teisėmis veikia „Lietuvos energija“.

5. Energetikos infrastruktūros netobulumas. Didžiausias poreikis modernizuoti energetinę infrastruktūrą kyla elektros energijos tiekimo ir paskirstymo srityje. Kita vertus, šis pažeidimas akivaizdus ir naftos sektoriuje – naftos perdirbimo gamykla Mažeikiuose projektuota perdirbti „Urals“ tipo naftą, gabenamą vamzdiniais (naftą gabenant tanklaiviais ar geležinkeliais susiduriama su papildomais transportavimo kaštais).

6. Mažas pasitikėjimas asmenimis bei institucijomis, priimančiomis strateginio lygmens sprendimus energetikoje. Lietuvoje trūksta specialistų, išmanančių politinius bei techninius energetinio saugumo užtikrinimo aspektus. Trūksta ir objektyvių bei nešališkų mokslinių tyrimų šioje srityje. Tai susiję su skeptišku Lietuvos valdžios ir mokslo įstaigų požiūriu į specialistų rengimą, paramą tyrimų centrams ir kt. Dėl šių priežasčių Lietuvos energetinį saugumą turintys užtikrinti

projektai vykdomi neįvertinus kelių galimų alternatyvų kaštų ir ilgalaikės naudos (neaišku, kurios energetinio saugumo užtikrinimo kryptys dėl ribotų išteklių turėtų būti prioritetinės). Kita vertus, kai sprendimus (net ir teisingus) priima menką autoritetą visuomenėje turintis asmenys, nesunku juos revizuoti, t. y. priversti visuomenę jais abejoti. Trūkstant ekspertizės ir visuomenei nepasitikint institucijų kompetencija suvaldyti krizes bei grėsmes, esama situacija naudojasi komercinių interesų siekiantys ir geriausią priėjimą prie sprendimus priimančių struktūrų turintys subjektai (pavyzdžiui, agituojuojantys už kuo mažesnę galutinę energijos kainą vartotojams per trumpą laikotarpį, nenumatant ilgalaikių pasekmių ir pan.)

7. Išorės jėgų skatinamas lenkų bei rusų (svarbiausių Lietuvos energetikos partnerių) tautinių mažumų nepasitenkinimas savo socialine bei kultūrine situacija Lietuvoje. Nuolatinės kalbos apie lenkų bei rusų tautinių mažumų diskriminaciją ne tik eskaluoja socialinius konfliktus, bet ir traukia Lenkijos lenkų bei Rusijos politikų dėmesį.

Atsižvelgiant į geopolitines Lietuvos energijos tiekimo grėsmes galima sudaryti tikėtinausius energetikos trikdžių scenarijus. Pavyzdžiui, viena didžiausių grėsmių dujų sektoriui – visiškas dujų tiekimo nutraukimas. Šiame kontekste pagrindiniai potencialios grėsmės šaltiniai ilgalaikiam nepertraukiamam dujų tiekimui į Lietuvą yra Rusijos ir Baltarusijos vyriausybės, taip pat „Gazprom“ sprendimai. Grėsmės šaltiniu ilgalaikiam ar trumpalaikiam tiekimo nutraukimui taip pat galima laikyti technologinio pobūdžio trikdžius Lietuvoje, Rusijoje ar Baltarusijoje. Energijos tiekimo patikimumui didelės įtakos turi energijos tiekimo sutartys, jų ilgalaikiškumas, nutraukimo sąlygos taip pat šalies investicijų lygis energijos žaliavų gavybos, transportavimo ir perdirbimo įmonėse.

Trikdžių įtakos energetiniam saugumui analizei buvo sukurti du modeliai. Tikimybinis energetinio saugumo tyrimas buvo nukreiptas į įvairių rizikų (techninių, ekonominių, sociopolitinių) įvertinimą stabiliam energijos tiekimui priimtinomis kainomis ir šių rizikų sukeltų pasekmių analizę. Tiekimo saugumas tiek trumpuoju, tiek ilguoju laikotarpiu buvo analizuojamas įvertinant šias rizikas. Šiame darbe energetiniam saugumui vertinti pirmą kartą panaudota tikimybinė rizikos analizė. Tikimybinio energetinio saugumo matematiniais modeliais įvertinti visi galimi trikdžiai ir jų skirstiniai, energetinėje sistemoje veikiantys įvairaus pobūdžio barjerai (rezervinės sistemos, kuro atsargos, energijos šaltinių diversifikavimas, ilgalaikės sutartys, diplomatija, visuomenės nuomonės formavimas) ir jų patikimumo įverčiai. Modeliavimo rezultatas yra galutinių būsenų, į kurias gali patekti energetinė sistema, tikimybinis skirstinys. Tokiomis būsenomis yra įvairaus energijos tiekimo nutraukimo lygis arba energijos kainų žymus padidėjimas. Jau bandomieji skaičiavimai parodė, kad metodika labai efektyvi, leidžia įvertinti tiek šiandieninės energetikos sistemos saugumą, tiek nustatyti, kokią įtaką saugumui turės įvairūs energetikos projektai. Pavyzdžiui,

išnagrinėjus Kauno šilumos tiekimo sistemą atskleista, kad pakeitus Kauno TEC šilumos generatorius biokuro ir kitų atsinaujinančiųjų energijos šaltinių jėgainėmis sistemos energetinis saugumas padidėtų kelis kartus.

Kitas modelis yra pagrįstas ekonominiu trikdžių vystymosi vertinimu. Kitaip tariant, modelis „ieško“ pigiausio energijos gamybos varianto, įvertindamas kilusius energetikos trikdžius. Buvo išnagrinėta 100 skirtingų scenarijų, kai Lietuvai įvairiam laikotarpiui (iki vienerių metų) buvo visiškai arba iš dalies nutraukiamas dujų, naftos ir kitų kuro rūšių tiekimas. Daugeliu atvejų Lietuvos energetikos sistema gebėdavo kompensuoti trūkstamo kuro rūšį alternatyviais šaltiniais, ir tik nežymiai padidėdavo energijos gamybos kainos. Tik tuo atveju, kai vienu metu nutraukiamas bent dviejų kuro rūšių tiekimas, Lietuvos energetikos sistema nebegali pakankamai aprūpinti savo vartotojų reikalaujamu energijos kiekiu.

Labai svarbi šio darbo dalis yra energijos tiekimo saugumo įvertinimas panaudojant indikatorius. Saugumo indikatorius – tai specialus rodiklis, kuriuo galima kiekybiškai įvertinti svarbius energetinio sektoriaus saugumo rodiklius. Pagal indikatorių reikšmes, jų svorius grupėse ir pačių grupių svorius buvo suskaičiuotas Lietuvos energetinio saugumo lygis kiekviename indikatorių bloke (15 balų skalėje) visiems scenarijams, įvertinus elektros jungtis, suskystintų dujų terminalą ir Visagino AE.

Indikatoriai apima visas energetinio saugumo dalis ir leidžia energetinį saugumą reikšti viena integraline charakteristika. Darbe sukurti indikatorių dinamikos matematiniai modeliai ir jų parametrų vertinimas Bajeso metodu įgalina energetinį saugumo lygį skaičiuoti iki 2025 m. ir palyginti įvairių energetikos projektų įtaką energetinio saugumo lygiui. Sukurta metodologija grėsmėms ir jų sociopolitinėms pasekmėms analizuoti bei vertinti. Išnagrinėtos pagrindinės geopolitinės, konkurencinės, monopolinės ir kitos grėsmės, sudaryta kiekybinė sistema, leidžianti įvertinti įvairių grėsmių sociopolitines pasekmes.

Pagal sukurtą metodiką buvo atliekami tik bandomieji skaičiavimai, išnagrinėti atskiri pavyzdžiai ir scenarijai (visas Lietuvos energetinio saugumo vertinimas pagal šią metodiką yra numatytas sekančiame NMP „Ateities energetika“ etape). Tačiau ir šių skaičiavimų pagrindu jau galima padaryti kai kurias išvadas. Pavyzdžiui, galima išskirti kelias pagrindines Lietuvos energetikos grėsmių grupes, tokias kaip priklausomybė nuo vieno energijos išteklių tiekėjo; didelė priklausomybė kuro ir energijos importo; energetinių tinklų integracijos į ES tinklus ir energijos rinkas trūkumas; mažas energijos vartojimo efektyvumas; monopolijų dominavimas energetikos sistemoje; energetikos infrastruktūros plėtros ir jos vizijos trūkumas. Ignalinos AE uždarymas Lietuvos energetiniam saugumui turėjo tiek neigiamų (elektros kainos didėjimas; dujų ir elektros

importo didėjimas), tiek ir teigiamų (atsirado reali elektros rinka, išnyko Lietuvos elektros gamybos priklausomybė nuo vieno elektrinės bloko, suaktyvėjo atsinaujinančių energijos šaltinių plėtra) pasekmių. Skaičiavimai parodė, kad Lietuvos energetinio saugumo lygis po IAE uždarymo krito nežymiai, apie 6%. Nauji Lietuvos energetikos plėtros projektai, tokie kaip elektros jungtys su Švedija ir Lenkija, suskystintų dujų terminalas, nauja atominė elektrinė ir kiti, iš esmės didina Lietuvos energetinio saugumo lygį. Buvo nustatyta, kad elektros jungtis su Švedija padidintų energetinio saugumo lygį apie 4,5%, suskystintų dujų terminalas – 11%, Visagino atominė elektrinė – apie 12%. Jau dabar galima formuluoti rekomendaciją dėl energetikos plėtros sprendimų priėmėjams. Šiuo metu Lietuvos energetinio saugumo lygis nepriimtinas. Pagrindinės priemonės, kurias reikia pirmiausia įgyvendinti – tai elektros jungtys su Švedija ir Lenkija, atsinaujinančiųjų energijos šaltinių dalies didinimas bei suskystintų dujų terminalas. Jų bendras poveikis žymiai pakeltų Lietuvos energetinio saugumo lygį (būtų palyginamas su JAV energetinio saugumo lygiu). Visagino AE taip pat labai svarbus veiksnys energetiniam saugumui užtikrinti, tačiau ją pradėti eksploatuoti realu tik kitame dešimtmetyje. Ši rekomendacija ir kiti skaičiavimai buvo perduoti Lietuvos Respublikos Energetikos ministerijai, kuri galėjo juos panaudoti Lietuvos energetikos strategijai tobulinti.

Šio darbo rezultatus galima apibendrinti taip: parengta metodika energetinių sistemų grėsmėms analizuoti ir vertinti, pateikti tikimybiniai modeliai grėsmių transformacijoms į trikdžius skaičiuoti, įvertintos techninės, ekonominės bei sociopolitinės grėsmės, sukurti du energetinės sistemos modeliai energetiniams trikdžiams modeliuoti ir jų pasekmėms vertinti.

Projekto rezultatų sklaida atitinka projekto įsipareigojimus. Projekto metu buvo parengti penki straipsniai į ISI WOS bazės leidinius (trys iš jų jau išspausdinti, kiti du įteikti spaudai), perskaityti pranešimai šešiose tarptautinėse konferencijose, kurių darbai įtraukti į tarptautines duomenų bazes. Sukurta metodika naudojasi Energetikos ministerija, Energetinio saugumo centras prie Užsienio reikalų ministerijos, AB „Kauno energija“, EK Jungtinio tyrimų centro (JRC) Energetinio saugumo padalinys ir kitos institucijos. Darbo rezultatai sulaukė ir nemažai visuomenės dėmesio. Informacija apie šią metodologiją buvo pateikta BNS žinių tarnybai, kitoms masinio informavimo priemonėms.

Antrojo projekto **„Energetikos sistemų patikimumo ir jo įtakos energetiniam saugumui vertinimo metodika bei tyrimas“** (Nr. ATE-24/2010, vadovas dr. Sigitas Rimkevičius, vykdytojas Lietuvos energetikos institutas) tikslas buvo sukurti Lietuvos energetikos sistemų darnią mokslinę patikimumo vertinimo metodiką, kuri leistų atlikti energetikos sistemų patikimumo tyrimus ir įvertinti patikimumo įtaką energetiniam saugumu. Bendros Lietuvos energetinės

sistemos pagrindiniai elementai yra elektros, šilumos bei dujų ir naftos perdavimo tinklų sistemos.

Projekte buvo sprendžiami penki uždaviniai:

1 uždavinys. Elektros tinklų, elektros tiekimo patikimumo bei rizikos vertinimo metodikos ir patikimumo modelių sukūrimas ir tyrimas.

2 uždavinys. Šilumos tinklų patikimumo vertinimo metodikos ir patikimumo modelių sukūrimas bei tyrimas.

3 uždavinys. Dujų ir naftos tiekimo tinklų patikimumo vertinimo metodikos ir patikimumo modelių sukūrimas bei tyrimas.

4 uždavinys. Lietuvos energetikos sistemos integralinės patikimumo parametrų vertinimo metodikos ir patikimumo įtakos modelių sukūrimas bei tyrimas.

5 uždavinys. Energetikos sistemos patikimumo įtakos energetiniam saugumui vertinimo metodikos sukūrimas bei tyrimas.

Elektros tinklų patikimumo ir rizikos vertinimo bendrosios metodikos pagrindas yra patikimumo tyrimo ir vertinimo bei to vertinimo taikymo metodikos. Bendroji elektros tinklų patikimumo vertinimo metodika susideda iš šiame projekte išplėtotų specialių metodų bei metodikų atskirų elektros įrenginių patikimumui apibūdinti, visos elektros energetikos sistemos (EES) patikimumui įvertinti, pagrindinių avarinių scenarijų tikimybinei rizikai analizuoti, bendram patikimumo ir rizikos modeliui sudaryti bei taikyti, statistinių gedimų duomenims analizuoti ir jiems taikyti vertinant tinklo pastočių ir jų fragmentų patikimumo parametrus, elektros perdavimo ir skirstomojo tinklo sutrikimo ir patikimumo rodiklius skaičiuoti, EES stacionariems bei dinaminiais darbo režimams modeliuoti ir įvertinti, bei EES darbo režimams tikimybiškai įvertinti ir ranguoti. Sukurtos atskiros metodikos savo ruožtu nusako, kaip naudojami patikimumo tyrimo metodai bei ESS modeliai. Elektros tinklų patikimumo vertinimo metodikų patikrai buvo atlikti bandomieji skaičiavimai ir rezultatų analizė. Analizė atskleidė galimybę įvertinti tokį tinklų patikimumą, kuriuo taikant integralinio patikimumo parametrus ir įtaką, galima nustatyti ESS patikimumo įtaką energetiniam saugumui.

Bandomiesiems skaičiavimams buvo nagrinėta nepateikta vartotojams elektros energija. Atlikus pradinę analizę nustatyta, kad vienas gedimas trunka vidutiniškai 73 min., jo metu nepateikiama vidutiniškai 1815 kWh elektros energijos. Buvo atlikta šių duomenų regresinė analizė. Atlikus pradinę duomenų analizę gauta, kad vidutinė gedimo trukmė per mėnesį buvo vidutiniškai 127 min., per kurias nepateikta 3076 kWh elektros energijos.

Tiek šiluma, tiek dujos bei nafta tiekiami vamzdynais. Visų vamzdynų patikimumas priklauso nuo atskirų elementų, t. y. šaltinių, vamzdynų bei sumontuotos įrangos patikimumo. Vamzdynų

patikimumas yra glaudžiai susijęs su daugeliu veiksnių, galinčių turėti įtakos jų sistemų struktūriniam vientisumui ir lemiančių jų eksploatacinį ilgąamžiškumą. Perdavimo ir paskirstymo tinklų pažeidimai jų eksploatacijos metu susiję su išorės veiksnių poveikiu, koroziniais bei mechaniniais procesais, taip pat termohidraulinių procesų metu susidarančiomis apkrovomis, sukelia ne tik sutrikimų, bet dėl galimų sproгимų gali būti potencialiai pavojingi žmonių bei statinių saugumui. Siekiant atsižvelgti į visus šiuos faktorius, patikimumui vertinti buvo sukurta kompleksinė metodika, apimanti tikimybinis ir deterministinius metodus. Sukurta metodika apima tikimybinę saugos analizę, sistemų patikimumo teoriją, Monte-Karlo modeliavimą, deterministinę termohidraulinę analizę bei deterministinę ir tikimybinę konstrukcijų stiprumo analizę, atliekamą baigtinių elementų metodu. Visoms vamzdinėms tinklų sistemoms buvo parengta vieninga metodika bei parengti atskirų šios metodikos dalių bei modelių sudarymo pagrindai ir principai. Taikant šią vamzdinių tinklų sistemų patikimumo vertinimo metodiką skirtingoms sistemoms, atsižvelgiama į tų sistemų specifiką: į šilumos/energijos nešėją, vamzdžių degradacijos mechanizmus, konstrukcijų senėjimą, apkrovų susidarymą, šiose sistemose naudojamą įrangą, statistinius gedimų duomenis ir kitus faktorius, leidžiančius įvertinti tiriamos sistemos patikimumo lygį. Sukurtos metodikos taikomumas patikrintas atliekant bandomuosius skaičiavimus Kauno šilumos tiekimo tinklams. Bandomųjų tyrimų metodikos taikymas Kauno miesto centralizuoto šildymo sistemai pademonstravo sukurto metodikos taikomumą patikimumo vamzdinių tinklo sistemų vertinimui. Reikia pabrėžti, kad termohidraulinis modelis gali būti taikomas ne tik po avarijos vamzdinėje sistemoje neapnaujamų vartotojų skaičiui (t. y. statinei analizei atlikti) nustatyti. Šis modelis leidžia tirti ir dinامينius procesus, vykstančius sistemoje vamzdžių trūkio, elektros energijos praradimo, vožtuvų nesuveikimų ar klaidingo veikimo ir panašiais atvejais. Atliekant dinامينių procesų modeliavimą, įvairių parametru (vožtuvų užsidarymo laikas, vamzdžių šiurkštumas, vietinių kliūčių sudaromi pasipriešinimai srautui ir kt.) net ir palyginti nedidelės neapibrėžtys gali turėti nemažai įtakos energijos nešėjo pulsacijoms vamzdiniuose.

Projekte, be atskirų energetinių sistemų tinklų patikimumo vertinimo metodikų, sukurta tuos tinklus jungianti ir jų tarpusavio sąveiką nusakanti Lietuvos energetikos sistemos integralinė patikimumo parametru vertinimo metodika. Integralinės patikimumo parametru vertinimo metodikos pagrindas yra patikimumo duomenų ir rezultatų tyrimo teorija, metodai ir metodikos. Metodikos nusako, kaip naudojami patikimumo tyrimo metodai bei įvairių energetikos sistemų (elektros, šilumos ir kt.) modeliai. Šių metodikų sukūrimui buvo išskirtos trys atskiros tyrimų temos: integralinė patikimumo parametru ir tyrimo rezultatų analizė; patikimumo įtakos trikdžių ir

pavojų sklaidai vertinimas; patikimumo įtakos modeliavimas bendrai energetikos sistemai. Šiomis temomis sudarytos metodikos ir modeliai patikimumo parametų neapibrėžtumui ir rezultatų jautrumui analizuoti, energetikos sistemos patikimumo parametrams integruotai vertinti; trikdžių sklaidai tinklinėje sistemoje su pasipriešinimu matematiškai modeliuoti, tinklinės sistemos viršūnių pasipriešinimui ir parametrams vertinti, trikdžių sukkelto pavojaus sklidimui modeliuoti ir parametrams vertinti, patikimumo įtakai bendrai energetikos sistemai modeliuoti bei patikimumo įtakai Lietuvos energetikos sistemai tirti. Šios metodikos ir susiję modeliai bei metodai sudaro tokią metodiką, kuri leidžia atlikti integralinius patikimumo tyrimus. Įvertinus energetinio saugumo projekte sukurtą energetinio saugumo vertinimo metodiką ir naudojamus energetinio saugumo indikatorius buvo pasiūlyta naujų indikatorių energetinių sistemų patikimumo įtakai energetiniam saugumui įvertinti.

Projekto vykdytojai paraiškoje planavo pateikti 5 – 6 straipsnius į *ISI WOS* žurnalus ir parengti vieną monografiją. Projekto vykdymo metu pateikta 11 straipsnių, trys iš jų jau išspausdinti, vienas įteiktas spaudai. Monografija parengta. Rezultatai publikuojami geriau nei buvo planuota. Tai parodo aukštą mokslinę projekto rezultatų vertę.

Trečiasis pirmojo uždavinio projektas „**Ateities technologijų optimalaus integravimo į energetikos sektorių metodologijos sukūrimas**“ (Nr. ATE-04/2011; vadovas dr. Arvydas Galinis, vykdytojas Lietuvos energetikos institutas) buvo pradėtas vykdyti 2011 metais po antrojo, papildomo, Programos kvietimo.

Šiame projekte parengta energetikos ateities technologijų optimalaus integravimo į energetikos sektorių koncepcija, apimanti ateities technologijų efektyvumo ir jų veikimo sąlygų vertinimą trijose stadijose: planavimo, diegimo ir eksploatavimo. Jos pagrindą sudaro energetikos sektoriaus ilgalaikės perspektyvinės raidos analizės matematinis modelis, naudojamas planavimo stadijoje ir leidžiantis kompleksiskai vertinti ateities technologijų efektyvumą, konkurencingumą, įtaką gamtinei aplinkai, energetiniam saugumui ir t. t. pagal bendrą situaciją energetikos sektoriuje, taip pat vertinant energetikos sektoriaus ir šalies ekonomikos tarpusavio ryšius. Ateities technologijų diegimo ir eksploatavimo stadijose daugiausia dėmesio skiriama nediskriminacinėms ateities technologijoms turinčios įtakos teisinės, normatyvinės ir ekonominės aplinkos kūrimui bei objektyvių paramos mechanizmų diegimui. Siekiant ateities technologijas optimaliai integruoti į energetikos sektorių, šiame tyrimų etape pasiūlyti daugiakriteriniai sprendimų priėmimo mechanizmai, išnagrinėtos Europos Sąjungoje technologijoms naudojamos paramos schemas, išnagrinėti atskiri Europos Sąjungos ir Lietuvos teisiniai dokumentai, turintys įtakos ateities

technologijų skvarbai, pradėti kurti ir tobulinti atskiri energetikos objektų matematinio modeliavimo būdai.

Parengta ateities technologijų optimalaus integravimo į energetikos sektorių koncepcija apima planavimo, diegimo ir eksploatavimo stadijas. Tai didina ateities technologijų efektyvumo vertinimo objektyvumą ir patikimumą. Planavimo stadijoje koncepcija remiasi objektyviu ateities technologijų efektyvumo įvertinimu, gaunamu iš detalios energetikos sektorių perspektyvinės raidos analizės. Koncepcijoje numatoma, kad ateities technologijų integravimas į energetikos sektorių ne tik netrukdytų, bet ir prisidėtų prie šalies ekonomikos augimo, kad ateities technologijų efektyvumas, jų optimalaus integravimo į energetikos sektorių galimybės ir apimtys būtų nagrinėjamos ne tik energetikos sektorių perspektyvinės raidos kontekste, bet ir vertinant energetikos sektorių ryšius su visu šalies ūkiu (ekonomika) bei siekiant tokio šių sektorių veiklos tarpusavio suderinimo, kuris per ilgą nagrinėjamą laikotarpį užtikrintų maksimalią diskontuotą socialinę gerovę šalyje. Socialinę gerovę apibūdinančių kriterijų pasirinkimas priklauso nuo gerovės sampratos ir siekiamų tikslų. Nemaža dalimi socialinė gerovė priklauso nuo jos užtikrinimui skiriamų lėšų iš šalies BVP arba apskritai nuo sukuriamo BVP. Vadinasi, privataus ir viešojo vartojimo apimtys gali būti laikomos netiesioginiu socialinės gerovės matu. Taigi, vartojimo maksimizavimas ar išlaidų ūkio padalinių plėtrai ir funkcionavimui minimizavimas iš dalies yra galimi socialinės gerovės rodiklio maksimizavimo pakaitalai. Šalies ekonomika optimalaus ateities technologijų integravimo matematinų modelių pakete modeliuojama taikant dinaminio bendrosios ekonominės pusiausvyros modelį.

Siekiant visuomeninės naudos ir į energetikos ūkį diegiant ateities technologijas, jų diegimo stadijoje dažnai reikia paramos schemų atskiriems ūkio subjektams skatinti, kad jie, tenkindami savo interesus, savo veiklą nukreiptų visos visuomenės interesų tenkinimo linkme. Ateities technologijų eksploatavimo stadijoje taip pat reikia palankių teisinių ir ekonominių sąlygų, paramos mechanizmų. Todėl ateities technologijų optimalaus integravimo į energetikos sektorių koncepcijoje daug dėmesio skiriama įvairių ateities technologijų veiksnių įtakai vertinti, jų neigiamai įtakai mažinti, paramos schemoms pagrįsti ir parengti.

Energetikos sektorių perspektyvinės raidos analizės modelis buvo formuojamas blokiniu principu, turinčiu technologinę ir teritorinę dimensijas. Atskiruose modelio blokuose modeliuojamos pirminės energijos išteklių tiekimo sistemos, pirminių išteklių konvertavimo į antrines energijos formas sistemos, energijos vartojimo efektyvumo didinimo atskiruose sektoriuose priemonės ir kt. Naudojantis ta pačia modelio duomenų baze, galima generuoti skirtingo agregavimo lygio sistemas, reprezentuojamas atskiruose modelio blokuose. Tai leidžia

vieną ar kelias nagrinėjamas sistemas modeliuoti itin detaliai. Tuo tarpu kitos sistemos, kurių raidos analizei skiriama mažiau dėmesio, reprezentuojamos agreguotu lygiu. Taikant šį principą, galima nusileisti į atskiro regiono energetikos sistemą, neprarandant ryšio su šalies energetikos sektoriais ir visa ekonomika. Energetikos sektorių matematinio modelio kompleksiskumas, lankstumas ir universalumas, kaip ir trijų stadijų ateities technologijų gyvavimo cikle įvertinimas bei dinaminio bendrosios pusiausvyros modelio panaudojimas energetikos ir ekonomikos ryšių vertinime, sudaro siūlomos koncepcijos originalumą ir pranašumą prieš kitus ateities technologijų integravimo į energetikos sektorių pagrindimo būdus.

Parengta daugiakriterinio sprendimų priėmimo energetikos sektoriuje metodika, naudojamų metodų ir jų taikymo sričių įvertinimui bei veiksmų etapų detalizavimui. Pagal siūlomą ateities technologijų optimalaus integravimo į energetikos sektorių koncepciją daugiakriterinio sprendimų priėmimo metodai yra kaip pagalbinė priemonė prie ateities technologijų parinkimo optimizacinių modelių. Jie naudojami tuo atveju, kai optimizaciniais skaičiavimais gautus lygiaverčius sprendinius galutinai atrenkant, reikia įvertinti papildomus, optimizaciniuose modeliuose nevertintus, kriterijus.

Išnagrinėta: elektros sektorius, kuriame elektra gaminama iš atsinaujinančiųjų energijos išteklių, šilumos sektorius, kuriame šiluma gaminama iš atsinaujinančiųjų energijos išteklių ir transporto sektorius, kuriame naudojami atsinaujinantieji energijos ištekliai. Šiuose sektoriuose taip pat buvo nagrinėjama ES naudojama paramos schema. Nuo to, kurioje stadijoje naudojama paramos schema, ji tam tikru būdu kompensuoja dalį ar visas ateities technologijų investicines arba eksploatacines išlaidas. Paramos schemos efektyvumą lemia paramos formavimo politikos stabilumas, projekto rizikos mažinimas bei stabilus finansavimo šaltinis, nepriklausantis nuo valstybės biudžeto.

Šis projektas vykdomas dar tik keletą mėnesių, tačiau jau parengta publikacijų spaudai.

Reikia pabrėžti, kad visi trys pirmojo uždavinio projektai yra susiję, jų rezultatai sudaro prielaidas energetikos strategijoms, pagrįstoms energetinio saugumo, ekonominio efektyvumo ir ateities energetikos technologijų panaudojimo optimizavimu, rengti. Kaip numatyta Programoje, visų trijų projektų rezultatai ir sukurti modeliai sekančiame Programos vykdymo etape bus panaudoti vertinat Lietuvos energetinį saugumą skirtinguose laikotarpiuose ir esant skirtingoms energetikos plėtros strategijoms. Tai bus labai svarbu ne tik mokslinė prasme, bet ir naudinga Lietuvos energetikos plėtros sprendimų priėmėjams.

Remiantis rezultatais, gautais 2010 – 2011 m. vykdant pirmojo uždavinio projektus, parengta 11 straipsnių į *ISI WOS* žurnalus (iš jų 6 straipsniai jau išspausdinti ir 3 įteikti spaudai), parengta viena monografija.

2.3. Antrojo uždavinio „Ateities energijos gamybos, tiekimo ir efektyvaus vartojimo mokslinės bazės kūrimas“ rezultatų analizė

2011 m. buvo baigta vykdyti pirmojo kvietimo projektus. Pirmajame kvietime daugiausia projektų, net keturi, tyrė problemas, susijusias su vandenilinio kuro elementais. Net dviejų iš šių projektų, ATE-01/2010 (SOFC) ir ATE-02/2010 (ATEITIES VANDENILIS), 2010 m. ataskaitos sulaukė kritikos. Po didelių diskusijų buvo nuspręsta finansavimą šių projektų vykdymui 2011 m. pratęsti. Šie du projektai įvykdyti, tačiau jų rezultatai yra silpnesni už kitų dviejų su vandenilio kuro elementais susijusių projektų rezultatus.

Projektas Nr. ATE-01/2010 (SOFC) „**Superjoninių keramikų su greitąja deguonies vakansijų pernaša gamyba, tyrimas ir taikymas kuro elementuose**“ (vadovas prof. habil. dr. A. F. Orliukas, vykdytojas Vilniaus universitetas).

Tyrimų tikslas nėra aiškiai suformuluotas, tačiau vykdytojai teigia, kad tyrimai turėtų būti svarbūs šiai nacionalinei programai, kai bus parinktos optimalios superjoninių keramikų cheminės sudėtys, susistemintos jų gamybos technologinės sąlygos ir rezultatai bus panaudoti funkcinių keramikų kuro elementams gamyboje. Vertinant rezultatus, terminas „gamyba“ pavadinime ir rezultatuose gali būti nevienareikšmiškai interpretuojamas. Projekte planuojama spręsti tokius uždavinius: optimizuoti trijų tipų keramikų gamybos sąlygas, ištirti jų įvairias specialiąsias savybes numatytuose technologiniuose ir režimų intervaluose. Projekte planuojami tyrimai, orientuoti į įvairių superjoninių keramikų, (cerio-gadolinio oksidų, cerio-samaro oksidų ir itriu stabilizuoto cirkonio), naudojamų kietųjų oksidų kuro elementų (angl. *Solid Oxide Fuel Cell – SOFC*) technologijose, formavimą ir vertinimą. Planuota naudoti skirtingo grūdėtumo miltelius, ištirti keramikų tankio priklausomybes nuo jų kepinimo temperatūros, kepinimo trukmės ir išėties miltelių parametrų.

Projekto metu keramikų paviršiai ištirti rentgeno spindulių fotoelektronų spektrinės analizės metodu, apibūdintas keramikų kompleksinis laidumas, dielektrinė skvarba, varža, dielektriniai nuostoliai plačiuose dažnių (10 Hz – 3 GHz) ir temperatūrų (300 – 1000) K ruožuose. Ištirti kuro elementų sandūrų katodas-superjonikas, anodas-superjonikas elektriniai parametrai, naudojant skirtingas katodinių ir anodinių medžiagų chemines sudėtis. Pagamintos SOFC sandūros katodas – superjonikas (naudojant LSM, LSCF-GDC, LSCF, Pt pastas) ir sandūros anodas – superjonikas

(naudojant Ni-YSZ, Ni-GDC bei Ni-SDC pastas). Iširti šių sandūrų elektriniai laidumai, anodų redukcijos ir oksidacijos reakcijų įtaka SOFC sandūrų elektrinėms savybėms.

Tematika neabejotinai aktuali ir gauti rezultatai suteikia naujų žinių šioje srityje bei atskleidžia galimybes parinkti medžiagas ir sandūras efektyviam kietojo oksido kuro elemento darbui. Būtina pažymėti, kad iš publikacijų, pateiktų su 2010 m ataskaita paaiškėjo, jog didelė dalis paraiškoje suformuluotų projekto uždavinių jau buvo įvykdyta prieš projekto pradžią. Ataskaitoje nepateikti 2010 m. uždaviniai. Gauti moksliniai rezultatai vertingi, tačiau visi 2010 m. deklaruoti moksliniai straipsniai pateikti redakcijoms prieš projekto pradžią. Išvadose konstatuojama, kokios keramikos pagamintos, ką rodo matavimai naudojant XPS, nuo ko priklauso keramikų laidumai ir relaksacinės joninio laidumo dispersijos. Pateiktos 3 rekomendacijos, kurias galima laikyti rekomendacijomis patiems vykdytojams – ką reikia tirti sekančiais metais. Vykdytojų grupė pritarė ekspertų nuomonei, kad projekto metinė ataskaita yra parengta labai netinkamai ir prasilenkiant su mokslinės etikos principais – iš keturių deklaruojamų publikacijų tik dvi su tam tikromis išlygomis galėjo būti laikomos vykdomo projekto rezultatu. Daugiausiai dėl šių priežasčių ekspertų grupės išvada buvo nepalanki vykdytojams: „Ataskaitos netvirtinti, projekto įgyvendinimą nutraukti“. Tačiau vertinant atliktus tyrimus programos tikslų vykdymo ir uždavinių sprendimo požiūriu, Vykdytojų grupė atkreipė dėmesį į tai, kad 1) projekto vykdytojai turi gerą mokslinį įdirbį projekto tematika, 2) du anksčiau nei prasidėjo projekto vykdymas parašyti straipsniai siejasi su projekto tematika; nors ataskaitoje jie panaudoti neleistinai, šie straipsniai parengti be jokio kito projekto lėšų, 3) vienas iš tų straipsnių yra pataisytas ir pakartotinai įteiktas redakcijai jau projekto vykdymo metu, 4) sprendžiant iš atsakymo į ekspertų pastabas, projekto vadovas adekvačiai suprato situaciją ir pripažino padarytas klaidas, 5) projekto vykdytojai straipsnius skelbia moksliniuose žurnaluose, turinčiuose gerą tarptautinį matomumą, todėl tikėtina, kad toliau dirbdami šia tematika jie gali pasiekti tarptautinio mokslinio lygio rezultatų, 6) palyginus su 2011 m. prašomomis lėšomis, į projekto vykdymą jau investuota daug didesnė dalis projektui numatytų lėšų, 7) projekto tematika gerai dera su programos antrojo uždavinio priemonės 2.1 tyrimų kryptimis. Todėl Vykdytojų grupė priėjo vieningos nuomonės, kad pratęsus finansavimą yra didelė tikimybė šį projektą užbaigti sėkmingai ir produktyviai. Remiantis šia rekomendacija, LMT Gamtos ir technikos mokslų komitetas nutarė finansavimo šiam projektui nenutraukti.

Baigiamojoje ataskaitoje aprašomos sukurtos ir pagamintos įvairių parametrų superjoninės keramikos bei iširtos pagrindinės jų savybės. Atlikti tyrimai dera su pateiktu projekto planu, numatyti projekte tyrimai ir darbai atlikti. Visi gauti rezultatai atitinka planuotus. Tik vieno iš planuotų punktų: „Iširti kuro elementų elektros galios tankio priklausomybę nuo apkrovos dydžio“

nei ataskaitoje, nei jos išvadose nėra. Ataskaitos lentelės GT2b punkte nurodytas publikacijų skaičius (iš viso 9 *ISI*) yra neteisingas ir nepagrįstas. Iš tikrųjų, tik du pagal projekto rezultatus parengti straipsniai yra paskelbti į *ISI* duomenų bazę įtrauktuose žurnaluose. Be to, vienas iš šių straipsnių buvo įteiktas spaudai anksčiau negu prasidėjo projektas (2010 m. birželio 18 d.). Nuoroda į LMT finansavimą jame yra, bet nekonkreči – nenurodytas projekto pavadinimas ar numeris. Publikavimo planas paraiškoje nebuvo konkretus (nenurodyta, kiek publikacijų buvo numatyta). Įvertinus bendrą publikacijų ir pranešimų konferencijose skaičių, projekto rezultatus ir jų sklaidą galima vertinti patenkinamai.

Apibendrinant projekto rezultatus galima teigti, kad suformuotos konkrečios išvados ir rekomendacijos, tačiau trūksta išvados ar komentaro apie konkrečias rezultatų taikymo galimybes ir perspektyvas ar jų taikymo naudą energetikoje.

Projektas Nr. ATE-02/2010 (ATEITIES VANDENILIS) „**Vandenilio gavyba iš vandens garų plazmos molekulinės implantacijos būdu**“ (vadovas prof. habil. dr. L. Pranevičius, vykdytojas Vytauto Didžiojo universitetas, partneriai Lietuvos energetikos institutas ir Kauno technologijos universitetas).

Projektas kėlė ambicingą tikslą – sukurti efektyvią ir ekologiškai švarią vandenilio išskyrimo iš vandens garų plazmos technologiją. Anot autorių, pagrindiniai šios technologijos procesai yra: plazmos formavimas žemo slėgio vandens garuose, vidutinių energijų jonų, išgaunamų iš plazmos, implantacija į nanostruktūrines membranas bei jų atomizacija ir H bei O atomų erdvinis atskyrimas plonasluoksnėse nanokristalinėse membranose naudojant nanomedžiagas, selektyviai praleidžiančias H atomus tarpkristalinėmis briaunomis, ar aukšto joninio laidumo oksidus. Tyrimai parodė, kad vandens garų plazmoje skylant vandens molekulėms, vyksta metalų oksidacija ir dalinė susidariusių oksidų redukcija vandenilio atomais. Nors paraiškoje buvo „numatoma sukurti naują ekologiškai švarią, nereikalaujančią brangių katalizatorių ir žematemperatūrinę technologiją švariam vandeniliui iš vandens gauti“, paskutinės šios technologijų grandies – vandenilį atskiriančios membranos realizuoti nepavyko. Nors atlikti tyrimai ir ataskaitoje pateikti duomenys rodo, kad autoriai atliko tyrimus, laikydamiesi plano, gauti rezultatai leido tik apibendrinti vandens molekulių skaldymo vandens garų plazmoje molekulinės jonų implantacijos būdu procesus bei pagilinti žinias apie atskilusių H ir O atomų kinetiką implantuojamose medžiagose. Siūlomos pramoninių įrenginių vandeniliui iš vandens gauti schemas (nuosekli TiO_x oksidacijos-redukcijos procesų seka, vienalaikė TiO_x oksidacija ir redukcija ir TiO_2 redukcija vandens garų plazmoje ir oksidacija vandenyje) turėtų būti pagrįstos detalesniais tyrimais ir tiesioginiais schemų efektyvumo

kiekybiniais vertinimais. Ekspertų nuomone suformuluotos rekomendacijos svarbios, tačiau nepatikrintos ir nepakankamai pagrįstos.

Baigiamoji ataskaita atrodo kiek nevienalytė ir sudaryta iš dviejų atskirų ataskaitų. Nepaisant didelės apimties tyrimų ir vertingų technologinių sprendimų, elektroniniu spinduliu garinant plonus protoninio laidumo lantano niobio oksido sluoksnius su skirtinga lantano koncentracija, pasigendama priešastinio ryšio su pirmąja ataskaitos dalimi. Galima manyti, kad šie rezultatai, gauti formuojant dangas elektroninio spindulio bei magnetroninio dulkinimo įranga, suformuotos lantano ir titano oksido pagrindo elektrolitinės protoninio laidumo dangos, nustatytos užneštų dangų storio, tankio, struktūros, elementinės sudėties, temperatūrinio stabilumo priklausomybės nuo sintezės parametrų bei pradinių miltelių dydžio, bus svarbūs, atliekant tolesnius tyrimus.

Vertinant darbų atitikimą planui, galima pažymėti, kad ne visada jo buvo laikomasi. 2010 m. atlikti moksliniai tyrimai tik su išlygomis atitiko projekto planą. Ataskaitos įvade nebuvo pateikta 2010 m. uždavinių, o jos turinys dėstomas pagal naudotus tyrimo metodus, o ne pagal konkrečius išspręstus ar sprendžiamus uždavinius. Svarstydamą projekto pirmųjų metų darbo ataskaitą Vykdytojų grupė atkreipė dėmesį į tai, kad projekto pirmame etape stokota darnos tarp turinio ir formos, vykdytojų gebėjimo deramai sisteminti projekto pasiekimus, buvo akivaizdžių projekto vadybos spragų. Projekto pirmųjų metų ataskaitą vertinusi ekspertų grupė projekto vykdymą įvertino – „Ataskaitos netvirtinti, projekto įgyvendinimą nutraukti“. Aptariant šį įvertinimą, Vykdytojų grupės narių nuomonės pasidalino po lygiai, tik lemiamu Vykdytojų grupės pirmininko balsu buvo pritarta ekspertų nuomonei. LMT Gamtos ir technikos mokslų komitetas po projekto vadovo paaiškinimų priėmė sprendimą projekto finansavimą tęsti.

Vertinant viso projekto mokslinę produkciją reiktų pažymėti, kad per ataskaitinį laikotarpį laiko požiūriu publikacijos buvo ruošiamos netolygiai. Per pirmąjį ataskaitinį laikotarpį (2010 m.) nebuvo parengta nė vieno straipsnio, motyvuojant, rengiamu patentu. Anot autorių, tyrimų medžiaga buvo publikuojama arba parengta publikuoti, tačiau ekspertams kilo abejonių dėl kai kurių publikacijų lygio ar aiškios priklausomybės projektui. Per antruosius projekto vykdymo metus situacija pagerėjo, tačiau publikacijos buvo tik įteiktos spaudai. Reikia tikėtis, kad vėliau dalis straipsnių pasirodys mokslinėje spaudoje. Apibendrinant galima teigti, kad tiek pagal rezultatų publikavimą, tiek pagal rezultatų atitikimą projekto tikslus, tiek pagal rezultatų palyginimą su kitais Programos projektais, šis projektas buvo įgyvendintas silpnai.

Projektą vykdė 4 doktorantai bei keletas antros studijų pakopos studentų, kurie dirbo su šiuolaikine aparatūra, naujomis medžiagomis ir įgijo naujų žinių perspektyvioje srityje.

Projektas Nr. ATE-03/2010 (BORKURAS) „**Naujos medžiagos kuro elementams: sintezė, charakterizavimas ir savybės**“ (vadovė dr. Loreta Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė, vykdytojas Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras).

Šio projekto tikslas buvo naujų nanostruktūrizuotų medžiagų ir heterodarinių, naudojamų tiesioginėse borohidrido ir netiesioginėse borohidrido (vandenilio gamyba) kuro celėse sintezė, charakterizavimas, katalizinių savybių tyrimas ir taikymas. Projekte buvo siekiama sukurti efektyvius katalizatorius bei ištirti elektrokatalizinių reakcijų, vykstančių borohidrido kuro elementuose, kinetiką ir mechanizmus. Šiam uždaviniui spręsti planuota panaudoti laboratorijoje užaugintus ir įvairių metalų nanodalelėmis modifikuotus titano oksido nanovamzdelių paviršius.

Pirmaisiais projekto vykdymo metais buvo parinktos sąlygos tvarkių titano dioksido nanovamzdelių sluoksnių ($\text{TiO}_2\text{-Nv}$) formavimui Ti elektrodų paviršiuje anodavimo būdu. Katalizinėms savybėms pagerinti nanovamzdeliai buvo modifikuojami Ni, Au, Pt bei laidžiaisiais polimerais. Vėliau nustatytos optimalios nikelio nanodalelių sluoksnių, reikalingų aukso ar platinos nanodalelėms nusodinti ant Ni/ $\text{TiO}_2\text{-Nv}$ paviršiaus, formavimo sąlygos, optimizuotos imersinio aukso ir platinos nanodalelių nusodinimo ant Ni/ $\text{TiO}_2\text{-Nv}$ paviršiaus metodikos, katalizatorių paviršius detalai ištirtas skenuojančiuoju elektroniniu mikroskopu ir panaudojant rentgeno spindulių fotoelektroninę spektroskopiją, o jų elektrokatalizinis aktyvumas įvertintas borohidrido oksidacijos reakcijos intensyvumo tyrimais.

Parodyta, kad sukurtos nano-Au(Ni)/ $\text{TiO}_2\text{-Nv}$ ir nano-Pt(Ni)/ $\text{TiO}_2\text{-Nv}$ heterostruktūros yra perspektyvūs katalizatoriai ir pasižymi žymiai didesniu elektrokataliziniu aktyvumu borohidrido oksidacijos reakcijai, palyginti su Au ir Pt elektrodų elektrokataliziniu aktyvumu, o sukurti nanostruktūrizuoti elektrodai gali būti taikomi realiose borohidrido kuro celėse.

Atlikti moksliniai tyrimai derėjo su pagrindinių darbų seka, numatyta darbo plane. Nors darbo plane nėra kalendorinio grafiko, tačiau pirmųjų metų ataskaitos įvade trumpai komentuojama apie tų metų darbus. Projekto vykdymo metu gauta vertingų mokslinių rezultatų – buvo suformuoti daugiafunkciniai nanostruktūrizuoti katalizatoriai, iš jų pagamintų elektrodų paviršius ištirtas SEM, EDAX ir RFES metodais, įvertintas jų elektrokatalizinis aktyvumas borohidrido oksidacijos reakcijose, gautas kompozitas su polianilinu. Šio projekto tyrimai glaudžiai susiję su perspektyvių, efektyvių borohidridinio tipo kuro elementų tobulinimu, o rezultatai liudija projekto veiklą, atitinkančią programos tikslus ir tyrimų kryptis. Pirmaisiais metais parengti du straipsniai ISI sąrašo žurnalams bei dviejų konferencijų tezės (medžiaga).

Antraisiais projekto vykdymo metais atlikti moksliniai tyrimai iš esmės dera su projekto vykdymo planu. Buvo parinktos sąlygos tvarkių TiO_2 nanovamzdelių sluoksniams formuoti Ti

elektrodų paviršiuje anodavimo būdu, pagerintos jų katalizinės savybės. Tyrimų rezultatai apibendrinami išvadomis, kurios yra kokybiškos, logiškos, svarbios ir jose atsispindi pagrindinės tyrimo kryptys.

Mokslinė produkcija vertinga. Vienas straipsnis priimtas į aukštą citavimo indeksą turintį žurnalą „*Journal of Power Sources*“, trys straipsniai įteikti spaudai, prie ataskaitos pridėtas dar vienas rengiamas straipsnis. Iš viso 5 straipsniai, kiek ir planuota. Taigi, nors vykdytojai šiek tiek vėluoja vykdyti įsipareigojimus, tačiau apskritai mokslinė produkcija vertinga ir atitinka planuotąją. 2011 m. projekte dirbo vienas doktorantas.

Projektas Nr. ATE-05/2010 (MIKROKOKE) „**Mikro- ir nanostruktūros kietojo oksido mikro kuro elementams**“ (vadovas prof. habil. dr. S. Tamulevičius, vykdytojas Kauno technologijos universitetas, partneriai Vilniaus universitetas ir Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras).

Šiuo metu vis daugiau dėmesio skiriama mikro-kuro elementams, kurių galia siekia keletą vatų ir kurie gali būti taikomi įvairiuose nešiojamuosiuose prietaisuose. Tokiems mikro kuro elementams gaminti kaip struktūrinė medžiaga naudojamas kristalinis silicis, o tokių sistemų pagrindinis privalumas yra net keturis kartus didesnis energijos tankis, tenkantis tūrio vienetui, palyginti su ličio jonų ar nikelio hidridų baterijomis. Šio tipo mikro-kuro elementų gamyba remiasi plonų dangų gamybos technologijomis. Kietojo oksido mikro-kuro elementai (μ -KOKE), kaip ir kiti KOKE, yra sudaryti iš anodo, elektrolito ir katodo, bet, skirtingai nuo klasikinių KOKE, elektrodai suformuojami ant silicio pagrindo. Šio darbo tikslas buvo kietųjų oksidų mikro kuro elementų komponentų (katodas, elektrolitas, anodas ir padėklas) technologijų paieška bei jų formavimas ir tyrimas atsižvelgiant į mikro-kuro elementų specifiką. Buvo atlikta naujų technologijų joninio laidumo dangų sintezei cheminiais metodais (zolių-gelių metodas) paieška; plėtojamos lazerinės mikrotechnologijos kuro elementų mikrostruktūroms formuoti, litografiniams ir cheminiams ęsdinimo procesams mikro-kuro elementų technologijose ir struktūrose taikyti, elektrodams fizikiniais metodais formuoti. Darbe buvo pasiūlyti nauji zolių-gelių sintezės metodai itrio oksidu stabilizuotai cirkonio (YSZ) keramikai gauti įmerkimo būdu ant įvairių padėklų. Pirmą kartą parodyta, kad YZS dangoms formuoti galima naudoti vandeninį ir bevandenį zolių-gelių metodus. Pasiūlyti nauji zolių-gelių sintezės metodai itrio oksidu stabilizuotai cirkonio (YSZ) ir gadoliniu modifikuoto cerio oksido (GDC) keramikoms ant įvairių padėklų gauti įmerkimo ir išcentrinio sukimo būdais.

Gautų dangų kokybė, morfologija, mikrostruktūra ir elektrinės savybės buvo įvertintos išmatuotos skenuojančiuoju elektroniniu mikroskopu, rentgeno spindulių difrakcijos ir

impedansinės spektroskopijos metodais. Išnagrinėtas kietojo oksido mikro-kuro elementų (μ -KOKE) anodas-elektrolitas-katodas (AEK) elektrodų membranos formavimo būdas, kuriame giliam silicio cheminiam ėsdinimui sustabdyti panaudotas tarpinis SiO_2 sluoksnis, kuris po AEK elektrodų membranos suformavimo gali būti sausai pašalinamas reaktyviųjų dujų mišinio plazmoje. Skaitmeninio modeliavimo eksperimentai leido identifikuoti įvairių membranos plotų įtempius ir deformacijas bei įtempių lokalizaciją. Vakuuminiu plazminiu purškimu suformuotos kietos, porėtos, elektrai laidžios anodinės keramikos kompozicinės Ni-NiO-YSZ dangos. Nustatyta, kad Ni ir NiO komponentės, esančios Ni-NiO-YSZ dangoje, lemia krūvio pernešimo procesus žemose temperatūrose, o elektrinis laidumas priklauso nuo Ni masės dalies dangoje.

Bene originaliausi rezultatai gauti μ -KOKE elektrodų technologijoje naudojant impulsinio lazerio spinduliuotę. Ji naudota suformuotų Ni-NiO-YSZ dangų porėtumui gerinti bei trijų fazių (elektrolito, anodo ir kuro dujų) sandūros plotą Ni bei Pt elektrodų, formuojamų elektroninio spindulio garinimu, struktūrizavimui didinti. Ataskaitiniu laikotarpiu buvo siekiama rasti tinkamą lazerio abliacijos režimą mikro skylėms gręžti kuro celių membranose, pagamintose iš nikelio plėvelės ant silicio padėklo. Buvo sukomplektuota tyrimams reikalinga įranga (lazeriai, skaneriai, mikroskopai ir kt.), didinant suformuotų dangų porėtumą atlikti gręžimai keletu režimų, įvertinti gauti rezultatai. Užsakant ir įsigyjant komponentus optinei schemai metalų sluoksnių abliacijai, buvo sumodeliuota ir pasiruošta panaudoti lazerio pluoštų interferenciją. Tirtoms medžiagoms bei įvairiems bangų ilgiams buvo nustatytos kritinės spinduliuotės energijos vertės bei akumuliacijos koeficientai.

Galima teigti, kad projektas duos naudos kuriant medžiagas ir technologijas ateities energijos gamybai Lietuvoje, o gauti rezultatai skatins tolesnius inovatyvius kompleksinius mokslinius ateities energetikos technologijų tobulinimo ir panaudojimo tyrimus. Pabrėžtina, kad projekto metu sėkmingai bendradarbiavo trys mokslinės grupės, dirbančios skirtingose mokslinių tyrimų srityse. Tikėtina, kad prasidėjęs bendradarbiavimas bei gauti rezultatai užtikrins projekto tęstinumą iki kuro mikroelemento maketo sukūrimo. Anot ekspertų: „atlikti moksliniai tyrimai ir kiti darbai dera su projekto vykdymo planu“, darbo planas įvykdytas, gauti vertingi mokslinių tyrimų rezultatai, kurie atitinka numatytus tyrimus. Projekte pateiktose išvadose atsispindi esminiai, svarbūs rezultatai, tačiau kai kuriose išvadose yra perteklinių parametų, smulkmenomis laikytinų duomenų. Mokslinė produkcija pakankama (11 straipsnių įvairaus rango žurnaluose (*ISI Web of Science*) bei trys straipsniai įteikti spaudai). Beje, ataskaitoje nėra pateiktas vienoje vietoje pilnas visų išspausdintų ir pateiktų spaudai publikacijų sąrašas. Gal būtų tikslinga iš anksto informuoti projektų vadovus, kad rašydami ataskaitas tokius sąrašus būtinai pateiktų. Projekte

dirbo 4 doktorantai bei keletas antros studijų pakopos studentų, kurie įgijo naujų žinių perspektyvioje srityje.

Dviejų projektų tyrimų kryptis – fotovoltinių Saulės elementų kūrimas. Šie projektai atitiko Antrojo uždavinio priemonės 2.1 „Ateities energijos gamybai Lietuvoje reikalingų medžiagų ir technologijų kūrimas“ veiklai 2.1.1 „Naujų kristalinių, polikristalinių plonasluoksnių, hibridinių ir organinių medžiagų fotovoltiniams elementams paieška ir apibūdinimas bei jų struktūros ir sandaros parinkimas, siekiant optimizuoti tokių naujų fotovoltinių elementų konversijos efektyvumą ir ilgaamžiškumą.“

Projektas Nr ATE-04/2010 **„Naujų perspektyvių neorganinių fotovoltinių medžiagų technologijos kūrimas“** (vadovas dr. T. Malinauskas, vykdytojas Vilniaus universitetas).

Pagrindinis užsibrėžtas tikslas buvo įdiegti bei optimizuoti InGaN bei CuInS_2 (CIS), $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTS) medžiagų, gamybos procesus. Šiam tikslui pasiekti buvo suplanuota tirti sluoksnių elektrines, optines bei struktūrinės savybes standartiniais bei Lietuvoje išplėtotais unikaliais medžiagų charakterizavimo metodais, ir panaudoti tyrimų rezultatus sluoksnių parametrams optimizuoti.

Panašu, kad užsibrėžiant pagrindinį projekto tikslą „įdiegti ir optimizuoti gamybos procesus“ vykdytojai nelabai gilinosi į šių žodžių prasmę. Iš tikro tik pradėta įsivairinti įrenginius, kuriais laboratorijose bus kuriamos naujų ir perspektyvių fotovoltinių medžiagų sluoksnių auginimo technologijos, ir iki diegimo gamyboje dar toli. Pagrindiniai projekto darbai buvo susiję su paieška būdų tinkamos cheminės sudėties ir geros kristalinės kokybės sluoksniams užauginti.

Projektas susikoncentravo į pirmąją veiklos 2.1.1 dalį – naujų medžiagų paiešką.

Projekte pasiekta tikrai įdomių ir svarbių mokslinių ir technologinių rezultatų, ypač taikant MOCVD techniką InGaN sistemos junginiams auginti. Nustatytos optimalios nelegiruoto buferinio GaN auginimo sąlygos. Naudojant kintančią padėklo temperatūrą buvo užauginti InGaN sluoksniai su tolygiai kintančia In koncentracija. Juose pasiekta įtempių dėl gardelės nesutapimo relaksacija. Naudojant tokį tarpinį varizacinį sluoksnį, buvo užauginti geros kokybės sluoksniai su indžio koncentracija iki 40%. InGaN sluoksniuose su dideliu indžio kiekiu yra didelė laisvųjų elektronų koncentracija. Problema išauginti p-tipo InGaN sluoksnius liko neišspręsta. Išmokta užauginti InN sluoksnius impulsiniu MOCVD metodu.

Parodyta, kad daugybinėse InGaN kvantinėse duobėse dominuojantis rekombinacijos mechanizmas yra nespindulinė rekombinacija iš poliarizaciniais laukais atskirtų krūvininkų būsenų, o Ožė rekombinacijos įtakos nepastebėta netgi esant maksimaliems krūvininkų tankiams.

Modeliuojant nustatyta, kad tipiniuose Saulės elementų dariniuose, pagamintuose iš III grupės nitridų, poliarizacijos sukeltas elektrinis laukas yra priešingas p-n sandūros laukui. Dėl to sumažėja krūvininkų surinkimas ir Saulės elementų našumas. Įterpiant papildomus InGaN sluoksnius su tarpine indžio koncentracija galima sumažinti arba visai panaikinti neigiamą poliarizacijos įtaką.

Antra projekto medžiagų grupė buvo CuInS_2 ir $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ junginiai, kurių sluoksniai buvo gaunami terminiu garinimu ir magnetroniniu dulkinimu.

CIS sluoksnis tikriausiai buvo pasirinktas įrangai ir metodams išbandyti, nes tai seniai žinoma Saulės elementų gamyboje naudojama medžiaga. Geriausios CIS absorberių sugerties ir kristalinės charakteristikos gaunamos, naudojant prekursoriaus Cu/In santykį 1,8. Sierinimo metu CuInS_2 sluoksniuose susidaro Cu-S fazė, kuri pašalinama esdinant bandinius KCN tirpale. Dėl lakios In_2S_2 fazės pakinta indžio koncentracija.

Retų cheminių elementų atsisakymas yra kelias į potencialų fotovoltinių elementų atpigimą. Vykdamas projektą buvo pagaminti $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ sluoksniai, keičiant cheminę sudėtį plačiose ribose: $\text{Cu}/(\text{Zn}+\text{Sn}) = 0.6 \div 2.1$ ir $\text{Zn}/\text{Sn} = 0.4 \div 0.9$. Ištirta jų fazinė, cheminė sudėtis bei morfologija. Nustatyta, kad išaugintuose CZTS sluoksniuose, be pagrindinės fazės, egzistuoja SnS_2 ir Cu_4SnS_4 fazių priemaišos. Taigi, sluoksnio auginimo technologija reikalauja optimizavimo.

Be kitų metodų, išnaudotas Lietuvos mokslininkų įdirbis terahercinės spinduliuotės srityje ir pagrįstas metodas fotoelektrinių CIS ir CZTS sluoksnių savybėms tirti, nesukuriant viso fotovoltinio elemento.

Atlikti praktiškai visi numatyti darbai visomis kryptimis, pasiekta gerų technologijų įsisavinimo ir tobulinimo rezultatų.

Pagal ataskaitoje pateiktus mokslinius rezultatus sunku suprasti, kodėl vykdytojų grupė, sudaryta iš 8 mokslo daktarų ir vieno habilituoto daktaro, be to, padedant 4 doktorantams, nesugebėjo gautų rezultatų pateikti aukštos kokybės moksliniuose straipsniuose ar paraiškose patentams. Juo labiau, kad net 5 vykdytojai – mokslų daktarai publikacijų rengimą nurodo kaip pagrindinį savo indėlį į projektą. Ekspertas, vertinęs galutinę projekto ataskaitą pažymi, kad vietoj planuotų parengti keturių aukšto lygio mokslinių straipsnių, vienai išspausdintai ir dviem įteiktoms publikacijoms buvo pasirinkti neaukšto lygio žurnalai. Kadangi perskaityta nemažai pranešimų konferencijoje, galima tikėtis, kad vienas iš pagrindinių NMP vertinimo rodiklių – straipsniai žurnaluose, įtrauktuose į Mokslinės informacijos instituto sąrašą *ISI Web of Science* ir turinčiuose cituojamumo rodiklį – bus pasiektas apibendrinant tyrimų rezultatus jau pasibaigus projekto

vykdymo laikui. Pažymėtina, kad projekto vykdytojai sudalyvavo daugelyje viešųjų ryšių akcijų propaguojant MOCVD techniką ir jos panaudojimą Saulės elementų gamyboje.

Projektas Nr. ATE-07/2010 „CZTSe sluoksnių elektrocheminis formavimas ir struktūrinis bei optoelektroninis charakterizavimas“ (vadovas prof. habil. dr. Remigijus Juškėnas, vykdytojas Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras).

Šis projektas taip pat koncentravosi į fotojautrių sluoksnių gamybos būdų plėtojimą, tik naudojant potencialiai pigesnes technologijas – elektrocheminį nusodinimą. Pagrindinis tyrimų objektas buvo kesterito tipo junginys $Cu_2ZnSnSe_4$, kuris gali būti gera pamaina CIGS junginiams, pakeičiant indį ir galį labiau paplitusiais Žemėje ir pigesniais cinku ir alavu. Projekto tikslas buvo elektrocheminio nusodinimo būdu suformuoti ploną, kelių mikrometrų storio $Cu_2ZnSnSe_4$ sluoksnį, pasižymintį geromis fotovoltinėmis charakteristikomis.

Tyrimuose buvo naudojamas vienos stadijos elektrocheminis Cu-Zn-Sn (CZT) dangų nusodinimas ant ITO/stiklo ir Mo/stiklo pagrindų. Nustatytos optimalios elektrolizės sąlygos, kuriose gaunamos reikiamos sudėties ($Cu/(Zn+Sn) = 0,8$; $Zn/Sn = 1,2$) kompaktiškos $\sim 1 \mu m$ storio CZT dangos. Tolygioms dangos gauti būtinas elektrolito maišymas. Kaitinant Ar dujose elektrocheminiu būdu ant ITO/stiklo pagrindo nusodintas CZT ir Se dangas, gautas, nors ir nepakankamai stambiakristalinis, tačiau faziniu požiūriu grynas, kesteritas.

Norint išvengti nepadengtų vietų CZT dengiant ant molibdenu dengto stiklo, labai svarbios Mo paviršiaus paruošimo procedūros. Tinkamai paruošti paviršių padėjo valymas bei į elektrolito tirpalą įmaišytas antipitinginis priedas, stabdantis H_2 skyrimąsi. Tačiau SEM tyrimai parodė, kad antipitinginis priedas, kaip ir pailgintas valymas, nepadėjo pilnai išvengti nepadengtų sričių.

Tolesniame etape buvo tiriamas Se dangų elektrocheminis nusodinimas ant CZT. Selenas aktyviai reagavo su molibdenu. Molibdeno selenito susidarymas yra kontraversiškas. CIGS tipo Saulės elementuose jis sudaro ominią kontaktą tarp molibdeno ir sugėriklio. Naudojant elektrocheminį nusodinimą, selenizacija yra intensyvi ir suardo ploną metalinį elektrodą. Mažinant seleno kiekį, formuojasi Cu_2Se ir $SnSe$ fazės, kurios pasižymi metalinėmis savybėmis ir taip pat nepageidautinos. Todėl geros kokybės kesterito sluoksniui suformuoti reikia gerai valdyti procesus. Suformuoti kesterito kristalantai buvo kelių mikronų dydžio. Per visą dangos storį tai turėtų užtikrinti mažą krūvininkų rekombinacijos centrų koncentraciją. Reikia pastebėti, kad kokybiškos CZTSe dangos buvo gautos selenizuojant vakuume. Taigi, vakuuminio procesų kol kas nepavyko išvengti.

Siekiant iširti dangų fotoelektrines savybes, buvo bandoma formuoti p-n sandūrą, chemiškai nusodinant CdS sluoksnį, kuriuo buvo padengtas visas sluoksnio paviršius. Skaidraus kontakto ($ZnO:i/ZnO:Al/Al/Ni$) formavimas nebuvo sėkmingas, todėl sluoksniams charakterizuoti buvo atlikti

fotoelektrocheminiai tyrimai bei panaudota terahercinių impulsų generavimo metodika. Abu metodai patvirtino, kad suformuotas CZTSe yra fotoaktyvus p-tipo puslaidininkis.

Projekto rezultatai įdomūs ir nuosekliai išdėstyti ataskaitoje. Taigi, gauta vertingų technologinių rezultatų. Visuose etapuose iškilusias problemas buvo bandoma lanksčiai spręsti. Nors gauta geros kristalinės struktūros CZTSe dangų, deja, fotovoltinių savybių nepavyko išmatuoti taip, kad būtų galima spręsti apie dangų „gerumą“ ir tinkamumą konkuruoti Saulės energetikoje.

Autoriai buvo numatę paskelbti tris straipsnius žurnaluose iš ISI sąrašo, dalyvauti trijose konferencijose. Pasibaigus projektui, du straipsniai yra tik įteikti redakcijoms, o apie dalyvavimą konferencijose nepranešama. Pagal tyrimų turinį, naudojami būdai ir kuriamos technologijos yra potencialiai patentuoti, todėl tiek vykdytojai, tiek ekspertai turėtų į tai atkreipti dėmesį.

Projektas Nr. ATE-06/2010 „**Kontrastingų termoizoliacinių savybių grafeno dangų paruošimas, naudojant lazerinį apdirbimą**“ (vadovas dr. Gediminas Račiukaitis, vykdytojas Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras).

Buvo siekiama ištirti grafito oksido redukcijos į grafeną procesus veikiant lazerio spinduliuotei, sukurti bei optimizuoti technologiją grafeno dangoms formuoti ir parengti sąlygas pramoninei šių dangų gamybai. Grafito oksidas ir grafenas turi itin skirtingas elektrines ir šilumos laidumo savybes, todėl buvo tikimasi tai išnaudoti lokaliai ir efektyviai šilumos nuvedimui.

Šiame projekte buvo sukurta technologija įvairaus storio (40–1200 nm) grafito oksido (GO) dangoms ant polimerinių membraninių filtrų formuoti, remiantis standartine (*Hummers ir Offeman*) ir modifikuota sintezės metodikomis. Dalis GO dangų buvo modifikuota organiniais funkciniais reagentais, siekiant sujungti pavienius GO lakštus ir gauti geresnės kokybės dangas, taip pat paskatinti geresnės kokybės grafeno lakštų formavimąsi veikiant lazerinei spinduliuotei. Naudojant šiuos funkcinis reagentus susintetinti GO ir organinių dažų nanokompozitai. Dangų gavimo technologijos pagrindu pateikta paraiška patentui.

Naudojant pikosekundinio lazerio spinduliuotę, GO sluoksniai buvo lokaliai redukuojami į grafeną. Optimalūs proceso režimai priklauso nuo dangos paruošimo technologijos, jos legiravimo organiniais dažikliais bei lazerinio apdirbimo aplinkos.

Iš Ramano spektrų nustatyta, kad grafito oksido dangą veikiant lazerine spinduliuote susiformuoja daugiasluoksnė grafeno danga. Geriausi redukavimo rezultatai gauti GO dangoms su 20% Kongo raudonojo dažiklio, kai bandinys azoto atmosferoje buvo veikiamas pikosekundinio lazerio spinduliuote. Optimali CR dažų koncentracija atitinka situaciją, kai CR molekulės yra išsidėsčiusios ant GO lakštų kraštų ir juos sujungia tarpusavyje, sukurdamos didesnio ploto grafeno lakštus.

Buvo suformuotos redukuoto grafeno struktūros dangose ir skaitmeniškai bei eksperimentiškai ištirtos jų šilumos perdavimo savybės. Įvertinus grafeno aplinkos poveikį nustatyta, kad šilumos laidininkus, suformuotus iš grafeno, lazeriu redukuoto iš grafito oksido, galima pritaikyti šilumos nuvedimui nedideliu (iki 1 cm) atstumu, naudojant labai mažo skerspjūvio kanalus.

Šis projektas – tai paieškos itin egzotinėms medžiagoms modifikuoti ir tirti. Net lazeriu redukavus grafito oksido dangas į grafeną, laukto rezultato – nuvesti šilumą makromastelyje – negauta. Rekordiniai grafeno parametrai galioja šilumos ir elektros laidumui viename lakšte, kuris yra mikrometrinio dydžio. Šilumai pernešti dideliu atstumu reikia daugelio lakštų sąveikos. Projekte sukurti metodai gali būti naudojami elektronikos prietaisų grafeno pagrindu gamyboje.

Nors visi projekto darbai atlikti pagal planą, vykdytojams nepavyko priartėti prie NMP antrojo uždavinio sprendimui aktualių rezultatų.

Patentuota (pateiktos paraiškos Lietuvos ir Europos patentų biurams) grafito oksido dangų gamybos technologija. Norint grafito oksido redukavimo lazeriais technologiją naudoti, dar reikia atsikartojamumo.

Šalia technologijos kūrimo projekto vykdytojai produktyviai atliko gautų dangų tyrimo darbus ir jau gavo mokslinių rezultatų, kuriais remiantis parengti ir perskaityti septyni pranešimai mokslinėse konferencijose ir penki moksliniai straipsniai, iš kurių du jau išspausdinti.

Projektas Nr. ATE-09/2010 „**Energiją tausojantis ir psichofiziškai tinkamas kietakūnis apšvietimas gatvėms**“ (vadovas prof. habil. dr. A. Žukauskas, vykdytojas Vilniaus universitetas, partneris Kauno technologijos universitetas) skirtas moksliniams tyrimams, kurie suteiktų reikalingų žinių kietakūnio apšvietimo technologijoms sparčiai diegti į gatvių apšvietimą Lietuvoje. Projekto tikslas – sukurti mokslinius pagrindus kietakūniams šviesos šaltiniams gatvių apšvietimui ir išmaniosioms sistemoms Lietuvoje. Projekto tikslams pasiekti buvo sprendžiami šie uždaviniai:

- Sumodeliuoti išmaniosios apšvietimo sistemos, pagrįstos judesio ir skaisčio jutikliais bei skaitmeninės informacijos apsikeitimu per kintamosios elektros srovės tinklą, valdymo algoritmą ir sukurti tokios sistemos prototipą bei atlikti tyrimus lauko sąlygomis (poligone).
- Sukurti gatvių šviestuvų dinaminio fotometrines kreivės (kryptinės diagramos) formavimo algoritmą kintamomis aplinkos sąlygomis ir natūraliu apšvietimu.
- Ištirti atmosferos sąlygų (rūko) įtaką šviestuvo šviesos sklaidai ir kelio dangos skaisčiui naudojant aukšto slėgio natrio (HPS) lempas ir šviestukus.

- Ištirti baltos šviesos, generuojamos kietakūniais šviesos šaltiniais, ir geltonai oranžinės šviesos, generuojamos HPS lempų, apšvietos lygių ekvivalentiškumą eismo dalyvių psichofizikinių reakcijų ir saugumo jausmo atžvilgiu.

- Ištirti dviejų, dinamiškai valdomų, apšvietos zonų (artimosios vardinės ir tolimosios iš dalies temdytos) įtaką eismo dalyvių psichofizikinėms reakcijoms ir saugumo jausmui sukurtame išmaniojo apšvietimo poligone.

- Ištirti ir optimizuoti pagal energijos sąnaudas šviesos diodų temdymo schemas, veikiančias įvairiais principais (nuolatinės srovės stabilizavimo, impulsų pločio ir impulso dažnio moduliacijos).

- Įvertinti energijos taupymo techninį ir ekonominį potencialą ir pasiūlyti kelis kietakūnio apšvietimo diegimo scenarijus Lietuvos miestų gatvių apšvietimui.

Pagal planą vykdant projektą reikėjo sukurti mokslinius pagrindus gatvių apšvietimui kietakūniais šviesos šaltiniais, kurie atpigintų išlaidas gatvių apšvietimui nemažinant apšvietimo kokybės. Tam reikėjo atlikti bandymus su kuriamais apšvietimo šaltiniais besikeičiančio oro sąlygomis ir esant įvairiai kelio dangai. Nors tyrimų apimtis tikrai nemaža, atlikti visi projekto plane numatyti darbai ir pateiktos pagrįstos, konkrečios išvados bei rekomendacijos:

1. Sukurtas ir charakterizuotas išmaniojo gatvių apšvietimo poligonas, kurio koncepcija remiasi eismo intensyvumo ir oro sąlygų vertinimu realiu laiku ir dinamiu skirtingo skaisčio zonų formavimu, naudojant temdomus kietakūnius šviestuvus su tarpusavio ryšiu. Bandymų poligonui buvo pasirinkta nauja ~300 m ilgio gatvės atkarpa, esanti Vilniuje tarp Saulėtekio alėjos ir baigiamo statyti Vilniaus universiteto Mokslinės komunikacijos ir informacijos centro (MKIC). Šioje gatvės atkarpoje ant jau įrengtų 12 apšvietimo stulpų buvo sumontuotos dvigubos gembės su HPS ir kietakūniais šviestuvais su atitinkamais judesio jutikliais. Poligonas skirtas technologijos demonstravimui, išmaniosios sistemos valdymo optimizavimui ir apšvietimo režimų psichofizikinio tinkamumo tyrimams. Neprarandant apšvietimo kokybės, dinaminis valdymas leidžia mažinti energijos sąnaudas apie 20%, reaguojant į oro sąlygas, ir bent 25%, reaguojant į eismo intensyvumą.

2. Esant snieguotai gatvės dangai, gatvės šviestuvų šviesos srautą, o tuo pačiu ir energijos sąnaudas galima mažinti nuo 1,5 iki 4 kartų. Esant šlapiai gatvės dangai, grindinio skaisčio tolygumą galima pagerinti, šviestuvuose su dinamiškai formuojama fotometriniu charakteristika šviesos stiprį mažinant 50° – 65° kampų intervalu ir didinant 0 – 45 ° kampų intervalu bei nekeičiant bendros šviestuvo galios.

3. Sukurta rūko optinio tankio matavimo metodika, kurią galima pritaikyti išmaniojo gatvių apšvietimo sistemose. Šviesos praleistis priklauso nuo rūko optinio tankio eksponentiškai ir atitinka Beero-Lamberto dėsnį. Mėlynų ir žalių šviestukų spinduliuotė rūke sklaidoma apie 1,5 karto silpniau nei geltonų ir raudonų. Apšviesto objekto skaitis eksponentiškai priklauso nuo rūko optinio tankio, tačiau skaitį regėjimo lauke gali lemti rūko išsklaidyta šviesa. Didėjant rūko optiniam tankiui, baltų šviestukų susietoji spalvinė temperatūra gali padidėti 1,3 karto.

4. Remiantis reakcijos trukmės matavimais parodyta, kad kietakūnių šviesos šaltinių fotopinio aplinkos skaisčio psichofizikinis ekvivalentas mezopinėmis sąlygomis gali būti kelis kartus mažesnis nei aukšto slėgio natrio garų lempoms. Panašūs rezultatai gauti tiriant akių judesių strategiją, kuomet ieškoma slenkstinių achromatinio kontrasto stimulų. Balti šviestukai taip pat lemia geresnę spalvų skyrą, nors žemesni skyros slenksčiai pastebėti tik raudonuose ir žaliuose spalviniuose tonuose. Optimizavus spektrinės galios skirstinį, galima sukurti kietakūnius gatvių apšvietimo šaltinius, kurie esant kelis kartus mažesniai fotopiniam skaisčiui, psichofizikiniu požiūriu nenusileidžia natrio lempoms.

5. Psichologiniai tyrimai, atlikti dviejų gatvės apšvietos zonų sąlygomis parodė, kad artimosios zonos (iki 90 m) apšvietimo režimo subjektyvus vertinimas remiasi dviem svarbiausiais – saugumo ir estetiniais – požymiais. Apšvietimo režimas vertinamas teigiamai, kai ties subjektu apšvieta yra didžiausia, o ties zonos kraštu ji gali būti sumažinta iki ~50%. Tuo tarpu apšvietimas tolimojoje zonoje (toliau nei 90 m) mažai turi įtakos subjektyviam vertinimui ir gali būti minimalus (0.3 cd/m^2 skaisčio) arba tam tikromis sąlygomis – dar žemesnis.

6. Optimalų šviestukų temdymo režimą lemia mažiausia puslaidininkinės sandūros momentinė temperatūra. Nuolatinės srovės stabilizavimo atveju pasiekiamas didžiausias našumas, impulsų pasikartojimo dažnio moduliacijos atveju – labiau tiesiškos išėjimo charakteristikos ir spalvio pastovumas, o impulso pločio moduliacija yra nepalankiausias temdymo režimas. Šviestukų maitinimo srovės moduliavimas lemia netolygų jų spinduliuotės spektro moduliavimą, kuris gali būti panaudotas šviestuko šiluminės relaksacijos trukmėms nustatyti.

7. Palyginus išlydžio lempų ir kietakūnų apšvietimo technologijas nustatyta, kad Lietuvos miestuose gatvių apšvietimo sistemų įrengtąją galią verta pradėti mažinti, diegiant ne mažesnio nei 80 lm/W našumo šviestukus, ir pasiekti 50% mažinimo efektą, diegiant 130 lm/W našumo šviestukus. Sukurtas modelis diegiamos kietakūnės gatvių apšvietimo technologijos techniniam ir ekonominiam efektui įvertinti. Modelis turi investicijų ir eksploatacijos sąlygų scenarijų išvedimo modulį. Šio modelio pagrindu patobulinta programa gali būti naudojama apšvietimo sistemoms su skirtingais techniniais parametrais ir investicijų apimtimis palyginti.

Pažymėtina, kad projekto tęstinumas turi geras perspektyvas. Sukurtas išmaniojo gatvių apšvietimo poligonas tarnaus kaip vienas Saulėtekio slėnio technologijos demonstravimo objektų ir bus naudojamas teikiant konsultacijas Lietuvos miestų savivaldybėms (informacija apie tokias konsultacijas yra platinama Lietuvos savivaldybių asociacijoje), kitoms viešosioms institucijoms, taip pat privatiems subjektams. 2011 m. pradėtas vykdyti bendras Vilniaus universiteto ir UAB „Terra lucida“ Nacionalinės aukštųjų technologijų plėtros programos projektas „Kietakūnio gatvės šviestuvo elektrinių, optinių ir šiluminių charakteristikų optimizavimas“, skirtas pasirengimui gaminti modernius gatvės šviestuvus Lietuvoje. Taip pat pradėta teikti mokslines paslaugas privatiems subjektams lauko apšvietimo parametrų tyrimo srityje (2011 m. vykdyta sutartis su UAB „Korgas“).

Šiame projekte gautų rezultatų pagrindu buvo suformuluota nauja daugiadalykinių tyrimų ir technologinės plėtros kryptis – kietakūnių baltos šviesos šaltinių optimizavimas pagal mezopinį akies jautrį ir tokių šaltinių kūrimas. Šią kryptį, apimančią kompiuterinį spektrinės galios skirstinių optimizavimą, mezopiniam apšvietimui skirtų šviestukų telkinių bei konversijos fosfore šviestukų kūrimą ir tokių šaltinių psichofizinį charakterizavimą laboratorijos ir lauko (poligono) sąlygomis numatoma plėtoti Vilniaus universitete. Šių darbų tikslas – sukurti, patentuoti ir perduoti gamybai Lietuvos įmonėse technologiškai pranašius šviesos šaltinius, skirtus energiją taupančiam lauko apšvietimui.

Kaip numatyta projekto darbų plane, buvo įvertintas energijos taupymo techninis ir ekonominis efektas, diegiant kietakūnio apšvietimo scenarijus Lietuvos miestuose. Apžvelgta dabartinė miestų gatvių apšvietimo būklė ir parodytas elektros energijos taupymo potencialas, naudojant naujas apšvietimo technologijas.

Tyrimui pasirinktas Vilniaus miesto apšvietimo sistemos pavyzdys parodė, kad šiuo metu tik geriausių techninių parametrų naujosios apšvietimo technologijos L3,L4 leidžia iki 40 – 45% sumažinti įrengtąją galią. Atlikti tyrimai kitiems Lietuvos miestams atskleidė, kad didžiausią galios sumažinimo potencialą turi Kauno miesto (54%) ir Šiaulių miesto (52%) apšvietimo sistemos, nes juose dar naudojama šviestuvų su gyvsidabrio lempomis. Nustatyta, kad visiems didiesiems Lietuvos miestams, esant šviestukų našumui 80 lm/W, įrengtosios galios sumažinti neįmanoma, o esant šviesos našumui 130 lm/W, įrengtąją galią galima mažinti vidutiniškai iki 50%.

Sukurtas išmaniojo kietakūnio gatvių apšvietimo poligonas yra plačiai pristatytas tarptautinėse ir nacionalinėje konferencijose ir vienos tarptautinės konferencijos darbuose. Šie rezultatai taip pat išdėstyti mokslo populiarinimo straipsnyje, kuris išplatintas savivaldybių vadovams per Lietuvos savivaldybių asociaciją.

Projekto rezultatai pristatyti daugelyje konferencijų, publikuoti dviejuose aukštą cituojamumo rodiklį turinčiuose žurnaluose ir kituose leidiniuose. Projekto rezultatus bandoma realizuoti bendraujant su trimis UAB, teikiamos konsultacijos Lietuvos miestų savivaldybėms apie elektros energijos taupymą gatvių apšvietime. Kai kurie eksperimentai vyko iki vėlyvo 2011 m. rudens, todėl iki projekto pabaigos jie nebuvo paskelbti. Numatoma 2012 m. jų pagrindu parengti pranešimą tarptautinėje konferencijoje ir straipsnį žurnalui su cituojamumo rodikliu (pavyzdžiui, *Lighting Res. Technol.*).

3. Išvados ir rekomendacijos

2011 m. baigėsi antrieji Programos vykdymo metai ir dešimties pirmojo kvietimo projektų vykdymas. Visi projektai įvertinti teigiamai, tačiau rezultatų mokslinė ir praktinė vertė bei indėlis, sprendžiant Programos uždavinius, yra nevienodi. Pažymėtina, kad silpniau įvykdyti kaip tik tie projektai, kurie jau po pirmųjų metų ataskaitos sulaukė daugiau kritikos. Nors visiems pirmojo kvietimo projektams buvo nuspręsta pratęsti numatytą finansavimą 2011 m., dviejų projektų ataskaitos sulaukė esminių kritinių pastabų. Prof. F. Orliuko vadovaujamo projekto ataskaitoje buvo pateikti rezultatai, gauti prieš pradėdant vykdyti projektą, tačiau dėl aktyvios mokslinės veiklos projekto tematika ir gerų perspektyvų sėkmingam projekto įvykdymui, projektą nutarta finansuoti ir 2011 m. Iš baigiamosios ataskaitos matyti, kad naujų publikacijų per 2011 m. parengta nedaug. Iš prof. L. Pranevičiaus vadovaujamo projekto ataskaitos ekspertų grupė ir dauguma Vykdytojų grupės narių susidarė įspūdį, kad vykdant projektą 2010 m. nepasiekta svarbių rezultatų, o projekto vadovas tokio masto projekte kelia per mažus reikalavimus rezultatų apimčiai ir moksliniam lygiui. Visgi buvo nuspręsta projektą tęsti. Per 2011 m. šio projekto vykdytojai parengė keletą publikacijų, tačiau apie jų mokslinį lygį galutinai bus galima spręsti tik jas paskelbus spaudoje.

2011 m. buvo skelbtas antrasis, papildomas, kvietimas. Siekiant, kad projektuose būtų tyrinėjamos visos detalizajame plane numatytos tematikos, antrajame kvietime buvo priimamos tik paraiškos, atitinkančios pirmojo uždavinio temą 1.3.1. „Ateities energetikos technologijų optimaliam integravimui į energetikos sektorių reikšmingų veiksnių (technologinių, ekonominių, teisinių, aplinkosaugos ir kt.) identifikavimas ir technologijų integravimo metodologijos sukūrimas“ ir antrojo uždavinio temą 2.2.2. „Energetiškai efektyvių medžiagų šiluminių, eksploatacinių, ir mechaninių savybių tyrimai bei prognozavimas, šilumos nuostolių mažinimo pastatuose ir jų papildomo apšiltinimo, konvekcinių reiškinių termoizoliacinėse medžiagose, klimato veiksnių įtakos atitvarų paviršinių sluoksnių būklei tyrimai“. Vienas projektas pagal temą 1.3.1 buvo pripažintas finansuotinu, ir tai sustiprino pirmojo uždavinio sprendimą. Deja, pagal temą 2.2.2 nebuvo pripažintas finansuotinu nė vienas projektas, nors buvo pateiktos keturios paraiškos.

Pagal pirmojo uždavinio tematiką sėkmingai įvykdyti du projektai. Paskelbtų ir pateiktų spaudai straipsnių skaičius viršija planuotąjį. Tai rodo aukštą gautų rezultatų mokslinę vertę. Šių dviejų projektų rezultatai papildė vieni kitus ir, kaip numatyta detalizajame Programos plane, bus naudingi kuriant vieningą Lietuvos energetinio saugumo bei plėtros modelį. Dar vienas projektas gavo finansavimą po antrojo, papildomo, kvietimo ir šiuo metu yra vykdomas. Jis turėtų užpildyti spragą tyrimuose, reikalinguose tolesniam pirmojo Programos uždavinio sprendimui.

Reikia pripažinti, kad Programos pirmojo uždavinio suskaidymas į metodikų kūrimo ir jų taikymo etapus nebuvo labai naudingas. Į pirmąjį kvietimą (metodikų kūrimo etapą) atsiliepė nemažai mokslinių kolektyvų. Konkursą laimėję projektai buvo sėkmingai vykdomi – buvo sukurtos energetinio saugumo ir energetikos sistemų patikimumo vertinimo metodikos. Tačiau konkursui pagal sekantį šio uždavinio kvietimą 2011 m. paraiškas pateikė labai nedaug mokslininkų grupių, kadangi vykdyti projektus pagal kitų sukurtas metodikas ne priimtina. Tad natūralu, kad kvietimas sulaukė mažai pareiškėjų. Ateityje reikėtų vengti tokio uždavinių skaidymo.

Antrasis uždavinys sukėlė didelį medžiagotyros problemas nagrinėjančių mokslininkų susidomėjimą. Šių mokslininkų tyrimų krypties fokusavimas į ateities energetikos problemas yra vienas iš Programos pasiekimų. Tačiau būtina paminėti, kad nemažai antrojo uždavinio projektų taip ir neišsiveržė iš medžiagotyros problemų ir nepateikė rezultatų, tiesiogiai susijusių su ateities energetikoje taikomais prietaisais ar procesais. Antra vertus, kai kuriose antrojo uždavinio priemonėse dar nebuvo finansuojamų projektų, ir jų vykdymui kyla grėsmė. Galima spėti, kad mokslinis potencialas kai kurias antrojo uždavinio priemones atitinkančiose kryptyse yra nekonkurencingas moksliniam potencialui kitose Programos kryptyse. Pažymėtina, kad mokslininkų aktyvumas teikiant paraiškas nebuvo didelis, palyginti su aktyvumu teikiant paraiškas mokslininkų grupių projektams. Palyginti nedidelį pateiktų paraiškų skaičių tikriausiai galima paaiškinti ir Lietuvos mokslininkų prierašumu prie savo tradiciškai atliekamų tyrimų ir negebėjimu panaudoti turimą mokslinę patirtį naujiems, aktualiems ir finansavimą turintiems uždaviniams spręsti.

Per pirmuosius dvejus metus gauta svarbių mokslinių rezultatų. Panagrinėjus baigtų vykdyti projektų mokslinę produkciją matyti, kad pagal Programos įgyvendinimo pagrindinius vertinimo kriterijus (paskelbti 50 straipsnių žurnaluose, įtrauktuose į Mokslinės informacijos instituto sąrašą *ISI Web of Science* ir turinčiuose cituojamumo rodiklį, sukurti ir įdiegti ne mažiau kaip 5 naujas technologijas, gauti ne mažiau kaip 5 patentus) programa vykdoma sėkmingai. Per pirmuosius dvejus Programos vykdymo metus išleista apie 40% jai numatytų lėšų. Vadinasi ir mokslinės bei technologinės produkcijos turėtų būti sukurta tiek pat. Tiesa, tikrąjį mokslinių straipsnių skaičių kol kas nustatyti sunku, nes svariausių mokslinių rezultatų dažniausiai pasiekiami tik projekto vykdymo pabaigoje. Daug mokslinių straipsnių yra dar tik įteikti spaudai ar baigiami rengti. Iš baigiamųjų ataskaitų matyti, kad vykdant projektus pasiekta daug naujų ir vertingų technologinio pobūdžio rezultatų, tačiau projektų vykdytojai jų nesuformuluoja, nepateikia ir neįvardija kaip naujų technologijų. Reikėtų į tai atkreipti šiuo metu vykdomų projektų vadovų dėmesį ir jiems metodiškai patarti naujų technologijų apiforminimo klausimais.

4. Priedai

4.1. 1 priedas Nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ I-ojo ir II-ojo kvietimų projektų sąrašas

Eil. Nr.	Projekto reg. Nr.	Sutarties reg. Nr.	Projekto vadovas	Vykdančioji institucija	Projekto pavadinimas	Projekto trukmė	Skirta lėšų	
							2011 m.	Iš viso, Lt
1.	ATE-10005	ATE-01/2010	Prof. habil.dr. Antanas Feliksas Orliukas	Vilniaus universitetas	Superjoninių keramikų su greitąja deguonies vakansijų pernaša gamyba, tyrimas ir taikymas kuro elementuose	2010-09–2011-12	107 100	453200
2.	ATE-10008	ATE-02/2010	Prof. dr. Liudas Pranevičius	Vytauto Didžiojo universitetas	Vandenilio gavyba iš vandens garų plazmos molekulinės implantacijos būdu	2010-09–2011-12	276 500	758100
3.	ATE-10009	ATE-03/2010	Dr. Loreta Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė	Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras	Naujos medžiagos kuro elementams: sintezė, charakterizavimas ir savybės	2010-08–2011-12	213 400	536000
4.	ATE-10010	ATE-04/2010	Dr. Tadas Malinauskas	Vilniaus universitetas	Naujų perspektyvių neorganinių fotovoltinių medžiagų technologijos kūrimas	2010-08–2011-12	377 100	1022700
5.	ATE-10019	ATE-05/2010	Prof. habil. dr. Sigitas Tamulevičius	Kauno technologijos universitetas	Mikro- ir nanostruktūros kietojo oksido mikro kuro elementams	2010-08–2011-11	417 800	861600
6.	ATE-10020	ATE-06/2010	Dr. Gediminas Račiukaitis	Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras	Kontrastingų termoizoliacinių savybių grafeno dangų paruošimas, naudojant lazerinį apdirbimą	2010-09–2011-12	231 300	483500
7.	ATE-10021	ATE-07/2010	Prof. habil. dr. Remigijus Juškėnas	Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras	CZTSe sluoksnių elektrocheminis formavimas ir struktūrinis bei optoelektroninis charakterizavimas	2010-08–2011-12	238 900	648400
8.	ATE-10022	ATE-08/2010	Prof. habil. dr. Juozas Augutis	Vytauto Didžiojo universitetas	Energetinio saugumo analizės ir integruoto saugumo lygio vertinimo metodikos sukūrimas ir tyrimas	2010-08–2011-12	463 600	704900
9.	ATE-10023	ATE-09/2010	Prof. habil. dr. Artūras Žukauskas	Vilniaus universitetas	Energiją tausojantis ir psichofiziškai tinkamas kietakūnis apšvietimas gatvėms	2010-08–2011-12	408 300	1115100

10.	ATE-10024	ATE-10/2010	Dr. Sigitas Rimkevičius	Lietuvos energetikos institutas	Energetikos sistemų patikimumo ir jo įtakos energetiniam saugumui vertinimo metodika bei tyrimas	2010-08–2011-12	473 000	725100
11.	ATE-11004	ATE-01/2011	Dr. Arvydas Galinis	Lietuvos energetikos institutas	Ateities technologijų optimalaus integravimo į energetikos sektorių metodologijos sukūrimas	2011-07–2012-12	246 000	601000

4.2. 2 priedas Programos mokslinių tyrimų rezultatai 2011 metais

Kodas	Mokslinių tyrimų rezultatai ¹	Skaičius ²
Humanitarinių ir socialinių mokslų projektams		
HS1.	Mokslo monografijos, mokslo studijos, teoriniai, sintetiniai mokslo darbai	
HS2.	Mokslo straipsniai, knygų skyriai, publikuoti recenzuojamuose leidiniuose	2
HS3.	Kiti mokslo straipsniai, mokslo knygų skyriai ir panašios mokslo publikacijos mokslo, kultūros ir profesiniuose periodiniuose, tęstiniuose ir vienkartinuose leidiniuose	4
HS4.	Šaltinių publikacijos, žodynai, žinynai, enciklopedijos, biografijos, bibliografijos, studijų vadovai	
HS5.	Kitos akademinės publikacijos (pranešimai, tezės) ir kiti projekto rezultatai	3
HS6.	Sudarytieji mokslo darbai, socialinės ir kultūrinės plėtros darbai	
Fizinių, biomedicinos, technologijos, žemės ūkio mokslų projektams		
GT1.	Tarptautiniu mastu pripažintų mokslo leidyklų išleistos monografijos ir knygų skyriai	
GT2a	Mokslo straipsniai Lietuvoje leidžiamuose periodiniuose mokslo leidiniuose, turinčiuose cituojamumo rodiklį (<i>Impact Factor</i>) <i>Web of Science</i> duomenų bazėje	6
GT2b	Mokslo straipsniai užsienyje leidžiamuose periodiniuose mokslo leidiniuose, turinčiuose cituojamumo rodiklį (<i>Impact Factor</i>) <i>Web of Science</i> duomenų bazėje	20
GT3.	Europos patentų biure (<i>EPO</i>), JAV patentų ir prekių ženklų biure (<i>USPTO</i>) ar Japonijos patentų biure (<i>JPO</i>) išduoti patentai, kurių savininkai yra Lietuvos fiziniai ar juridiniai asmenys	
GT4.	Europos specializuotuose centruose tarptautinę ekspertizę praėjusios augalų veislės (pateikiami <i>Reports on Technical Examination of the DUS Testing</i>)	
GT5.	Pagal tarptautiniu mastu pripažintą tvarką įregistruotos gyvūnų veislės	
GT6.	Naujos technologijos ³	
GT7.	Nauji gaminiai ⁴	
GT8.	Patentai Lietuvoje ⁵	2
GT9.	Veislės ir mikroorganizmų kamienai, įregistruoti Lietuvoje ⁶	
Visų mokslo sričių projektams		
B1.	Projekte dalyvaujantys doktorantai	21

¹ pildomos eilutės, susijusios su konkrečiu projektu; priimtos spaudai būsimos publikacijos įskaitomos; pateikiami tik tie rezultatai, kuriuose yra nuoroda į finansavimo šaltinį – Lietuvos mokslo tarybą – bei nurodytas projekto finansavimo sutarties numeris;

² nurodyti duomenys laisva forma paaiškinami ir išvardijami prieduose;

³ technologijos, turinčios įdiegimo aktą ar išbandytos gamyboje (aktą pridėti) ir aprašytos ataskaitoje;

⁴ gaminiai ar programinė įranga, patvirtinti pažyma apie jų naudojimą ar įdiegimą;

⁵ patentai, patentinės paraiškos, turinčios registracijos pažymą (pridėti);

⁶ veislės, mikroorganizmų kamienai, turintys registracijos pažymą (pridėti).